

Fachbereich IWID Institut für Elektrotechnik

Projekt-Dokumentation

Autarke Sensorik

Wetterstation



Abb. 0

Inhaltsverzeichnis

- 1. Aufgabenstellung
- 2. Grundlagen LabVIEW
 - 2.1. Allgemeine Bedeutung von LabVIEW
 - 2.2. Anlegen eines Programms(VI)
 - 2.3. Datentypen
 - 2.3.1. String-Datentyp
 - 2.3.2. Numerischer-Datentyp
 - 2.3.3. Boolescher Datentyp
 - 2.4. Boolesche Funktionen
 - 2.5. Mathematische Funktionen
 - 2.5.1. Konstanten
 - 2.5.2. Vergleichselemente
 - 2.5.3. Nummerische Funktionen
 - 2.5.4. Case-Strukturen
 - 2.5.5. Formelknoten
 - 2.6. Schleifen
 - 2.6.1. For-Schleife
 - 2.6.2. While-Schleife
- 3. Hardware
 - 3.1. Entwicklungsboard NI myRIO
 - 3.1.1. Autarke Real-Time Anwendungen
 - 3.1.2. myRIO System Steuerung
 - 3.2. Kompaktes Wettersensorsystem
 - 3.2.1. Die Hardwareauswahl / Verknüpfungen von Hard-und Software
 - 3.2.2. Allgemeine technische Daten des Kompakt-Wettersensors
 - 3.2.3. Messtechnik im Clima Sensor US
 - 3.2.4. Daten Telegramm
 - 3.2.5. Energieversorgung
 - 3.2.6. Kommunikationstechnik
 - 3.2.7. Der Belegungsplan mit einem 16-poligen Kabel
 - 3.3. Schaltschrank bzw. weitere Hardware-Auswahl
 - 3.4. Gesamter Messaufbau und Montage
- 4. Software
 - 4.1. Hauptschleife
 - 4.2. Serielle Kommunikation
 - 4.3. Stringverarbeitung und Clusterbildung
 - 4.3.1. Build_Cluster
 - 4.3.2. Build_Cluster_Array

- 4.3.3. Cluster_Array_to_2D-Array
- 4.3.4. Write_Data_to_USB
- 4.4. Sonstige Funktion
 - 4.4.1. Beschriftung
 - 4.4.2. Min-/Maxwerte
- 4.5. Darstellung der Messwerte auf einer HTML Seite
 - 4.5.1. Realisierung der HTML-Seite in LabVIEW
- 5. Erste Messdaten
 - 5.1. Luftfeuchtigkeit
 - 5.2. Temperatur
- 6. Auswertung der Messwerte mit CSV-Viewer
 - 6.1. Benutzeroberfläche und Navigation
 - 6.2. Format Vorschriften für die CSV-Datei
 - 6.3. Beispielhafte Auswertung vom Wetterdaten vom Juni 2016
- 7. Anhang
 - 7.1. Quellen und Literaturverzeichnis
 - 7.2. Bestellliste
 - 7.3. Verwendungszweck
 - 7.4. Ideen für die Zukunft
 - 7.5. Schaltplan

1. Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung in diesem Modul war es das Programm LabVIEW kennenzulernen und damit ein Sensor-Aktorik-Projekt zu realisieren, welches in einem Semester umsetzbar ist.

Selbstgefundene Aufgabenstellung

Unter dieser Prämisse entstand in Bezug auf das Thema "Internet of Things" die Idee eine Wetterstation aufzubauen, welche Wetterdaten auf dem Hochschulegelände erfasst und im Intranet oder auch in aufbereiteter Form auf der Hochschuleseite zur Verfügung stellt.

Die Aufgabenstellung gliedert sich im wesentlichen in zwei Teiltaufgaben. Zunächst die Erfassung, Aufbereitung und Speicherung der Wetterdaten und anschließend die Bereitstellung der Daten im Hochschulnetzwerk. Denkbar wäre auch eine Erweiterung zu implementieren, in der eine Aktorik auf die erfassten Wetterdaten reagiert.

2. Grundlagen LabVIEW

2.1. Allgemeine Bedeutung von LabVIEW

LabVIEW ist ein grafisches Programmiersystem der Firma National Instruments. Der Begriff "LabVIEW" steht stellvertretend für "Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench". Das bedeutet so viel wie: "Werkzeugkiste für Ingenieure".

Die erste Version erschien 1986 für Macintosh-Computer. Heute gibt es die Entwicklungsumgebung außerdem für Windows und Linux. Abbildung 2.1 zeigt das in der Version 2015 verwendete Logo.



Vergleichbar entwickelte Hewlett-Packard (inzwischen Agilent) die visuelle Programmiersprache VEE. Hauptanwendungsgebiete von LabVIEW sind die Mess-, Regelund Automatisierungstechnik.

Die Programmierung erfolgt nach dem Datenfluss-Modell. Im Vordergrund steht dabei die Datenerfassung und -verarbeitung. In der LabView Programmierumgebungen werden einzelne Programmteile und Funktionsblöcke in so genannte Virtuelle Instrumenten (VI) dargestellt. Dieser wird nicht von einem Interpreter abgearbeitet, sondern kompiliert. Dadurch ist die Leistung vergleichbar mit der anderer Hochsprachen.

Für viele komplexe mathematische Aufgaben stehen auch Funktionsbibliotheken zur Verfügung. Ähnlich wie MATLAB deckt LabVIEW auch die Bereiche

speicherprogrammierbare Steuerung und flexible Versuchsautomatisierung sehr gut ab.

2.2. Anlegen eines Programms(VI)

Programme werden mit LabVIEW in sogenannten Virtuelle Instrumente (VI) geschrieben und organisiert.

Ein VI besteht immer aus zwei Ansichten: Blockdiagramm und das dazugehörige Frontpanel.





Abb. 2.2.1 Blockdiagramm

Abb. 2.2.2 Frontpanel

Das Frontpanel ist die Benutzeroberfläche des VIs. Die logische Verknüpfung der verschiedenen Anzeige und Bedienelemente erfolgt in Blockdiagrammen. Das Blockdiagramm dient als Programmieroberfläche.

Anzeige oder Bedienelemente werden mithilfe der Elementepalette in das Frontpanel eingefügt.



Die Elementepalette enthält die Bedien- und Anzeigeelemente zum Erstellen der Benutzeroberfläche eines VIs. Wählen Sie zur Anzeige der Palette "Ansicht»Elementepalette" oder klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine freie Stelle auf dem Frontpanel. Die Palette ist in verschiedene Kategorien unterteilt. Sie können je nach Bedarf verschiedene Kategorien ein- und ausblenden.

Controls Q Search 🔍 Customize* Modern abc 40 123 Path Numeric Boolean String & Path : . 明瞭と 0 🖬 List, Table & Array, Matrix Graph No. Ŀ. (Line) ng & Enum 1/0 Containers ٥<u>۵</u> °ď # Variant & Cl... Decorations Refnum Silver System Classic Express Control Design & Simulation NET & ActiveX Signal Processing Addons User Controls Select a Control... Change Visible Palettes...

Abb. 2.2.3 Elementepalette

Programmbausteine sowie

Programmierelemente, wie Schleifen, Vergleiche etc., werden mithilfe der Funktionenpalette in das Blockdiagramm eingefügt und entsprechend verbunden.

Abb. 2.2.4 Funktionenpalette

2.3. Datentypen

Die nachfolgend beschriebenen Datentypen sind essenziell für das Verständnis von LabVIEW. Ihr Verständnis erleichtert die Planung und Programmierung und ermöglicht ein effizienteres Arbeiten mit LabVIEW.

2.3.1. String-Datentyp

Ein String ist eine Folge darstellbarer ASCII-Zeichen. Strings sind plattformunabhängig. Sie werden unter anderem in folgenden Anwendungsbereichen eingesetzt:

- Erstellen von einfachen Textmeldungen
- Steuern von Messgeräten durch Senden von Befehlen an das Gerät. Die Rückmeldung des Geräts kann dabei entweder in Form von ASCII- oder Binär-Strings vorliegen, die in Zahlenwerte umgerechnet werden können.
- Speichern von Zahlenwerten auf einem Datenträger. Zum Speichern von Zahlenwerten in einer ASCII-Datei auf dem Datenträger müssen die Werte zunächst in Strings umgewandelt werden.
- Erstellen von Dialogfeldern mit Anweisungen und Eingabeaufforderungen

Auf dem Frontpanel werden Strings in Tabellen, Texteingabefeldern und Beschriftungen verwendet. Mit Hilfe der in LabVIEW enthaltenen VIs und Funktionen können Sie Strings beispielsweise formatieren oder analysieren. In LabVIEW werden Strings rosa dargestellt.

Symbol	Darstellungsart	Beschreibung	Meldung
n	Normale Anzeige	Zeigt die druckbaren Zeichen in der Schriftart des Elements an. Nicht darstellbare Zeichen werden in diesem Modus meist als Kästchen angezeigt.	Es gibt vier Anzeigearten. \ ist ein Backslash.
X	'\'-Code-Anzeige	Zeigt alle nicht darstellbaren Zeichen als Escape-Sequenzen an.	Es\sgibt\svier\sAnzeigearten:\s\\\sist \sein\sumgekehrter\sSchr\Eigstrich.
P	Passwortanzeige	Zeigt für jedes Zeichen einschließlich Leerzeichen ein Sternchen (*) an.	******
•	Hexadezimalanzeige	Zeigt den ASCII-Wert jedes Zeichens in Hexadezimalschreibweise anstelle des Zeichens selbst an.	4573 2067 6962 7420 7669 6572 2041 6E7A 6569 6765 6172 7465 6E3A 205C 2069 7374 2065 696E 2075 6D67 656B 6568 7274 6572 2053 6368 72E4 6773 7472 6963 682E

Abb. 2.3.1 String Anzeige Arten

Editieren, Formatieren und Analysieren von Strings

Folgende Bearbeitungsvorgänge an Strings sind mit den String-Funktionen möglich:

- Suchen, Abrufen und Ersetzen von Zeichen oder Teil-Strings in einem String.
- Ändern des gesamten Textes in einem String in Groß- oder Kleinbuchstaben.
- Suchen und Abrufen von gleichlautenden Mustern innerhalb eines Strings.
- Abrufen einer Zeile aus einem String.
- Drehen und Umkehren von Text innerhalb eines Strings.
- Verknüpfen mehrerer Strings.
- Löschen von Zeichen aus einem String.

Formatieren und Analysieren von Strings

Um Daten in einem anderen VI, einer anderen Funktion oder Anwendung verwenden zu können, müssen sie oftmals in einen String konvertiert werden. Dieser muss anschließend so formatiert werden, dass er vom VI, der Funktion oder der Anwendung gelesen werden kann. Bei Microsoft Excel muss der String durch Tabulatoren, Kommas oder Leerzeichen begrenzt sein. Damit werden die Zahlenwerte oder Wörter in einzelne Zellen eingeordnet. Wenn Sie ein aus Zahlen bestehendes 1D-Array mit der Funktion "In Textdatei Schreiben" in eine Tabelle schreiben möchten, müssen Sie das Array als String formatieren und jede Zahl mit einem Trennzeichen (z. B. Tabulator) trennen. Sie können das Array mithilfe des VIs "In Tabellenkalkulationsdatei schreiben" in einen String konvertieren und Trennzeichen einfügen.

Mit den String-Funktionen sind folgende und ähnliche Operationen möglich:

- Verknüpfen mehrerer Strings.
- Extrahieren eines Teil-Strings aus einem String.
- Umwandeln von Daten in einem String.
- Formatieren eines Strings zur Verwendung in einem Textverarbeitungs- oder Tabellenkalkulationsprogramm.

Mit den VIs und Funktionen zur Datei-I/O können Strings in Textverarbeitungs- und Tabellenkalkulationsdateien gespeichert werden.

Formatbezeichner

Häufig müssen zur Formatierung eines Strings im Parameter "Format-String" Formatbezeichner angegeben werden. Ein Formatbezeichner ist Code, der angibt, wie Daten in einen oder aus einem String umgewandelt werden sollen. LabVIEW verwendet Konvertierungscodes, um das Textformat des Parameters festzulegen. Beispielsweise wird mit dem Formatbezeichner %x ein hexadezimaler Integer in einen String umgewandelt oder umgekehrt.

Bei den Funktionen "In String" formatieren und "In String Suchen" können für den Eingang Format-String mehrere Formatbezeichner verwendet werden, und zwar einer für jede Eingabe an die oder Ausgabe aus der erweiterbaren Funktion.

Bei den Funktionen "Array nach Tabellen-String" und "Tabellen-String nach Array" wird für den Eingang Format-String nur ein Formatbezeichner verwendet, da diese Funktionen nur jeweils einen zu konvertierenden Eingang haben. LabVIEW behandelt alle zusätzlichen Bezeichner, die Sie in diese Funktionen einfügen, als Buchstabenketten ohne besondere Bedeutung.

Zahlen und String-Daten

Numerische Daten und String-Daten unterscheiden sich voneinander, da es sich bei String-Daten um ASCII-Zeichen handelt, bei numerischen Daten jedoch nicht. Text- und Tabellenkalkulationsdateien akzeptieren nur Strings. Wenn numerische Daten an eine Textoder Tabellendatei geschrieben werden sollen, so muss man die numerischen Daten zunächst in einen String umwandeln.

Wenn man in einem vorhandenen String einen Satz Zahlen hinzufügen möchte, konvertiert man die numerischen Daten zunächst in einen String und verwendet dann die Funktion "Strings-Verknüpfen" oder eine andere String-Funktion, um den neuen String dem vorhandenen hinzuzufügen.

Die Funktionen der "String/Zahl-Konvertierung" dienen zur Konvertierung numerischer Werte in Strings.

Ein String kann einen Satz Zahlen enthalten, die Sie in einem Graphen oder einem Diagramm anzeigen. Beispielsweise können Sie eine Textdatei lesen, die einen Satz Zahlen enthält, die Sie in einem Diagramm zeichnen möchten. Allerdings weisen diese Zahlen das Format ASCII-Text auf, daher müssen Sie die Zahlen als String lesen und diesen String dann in einen Satz Zahlen konvertieren, bevor Sie die Zahlen in einem Diagramm zeichnen können.

Das folgende Blockdiagramm zeigt einen String, der einen Satz Zahlen enthält, wie der String in Zahlen umgewandelt wird, ein Zahlen-Array erstellt wird und die Zahlen in einem Diagramm dargestellt werden.



Abb. 2.3.2 Auswertungsbeispiel von Strings

Suchen nach Strings

Suchen Sie mit den String-Funktionen unter Verwendung regulärer Ausdrücke in Strings nach Zeichen, Wörtern, Wortkombinationen oder Zahlen. Mit regulären Ausdrücken kann nach Buchstabenfolgen in einem Text gesucht werden (z. B. "Tag") oder nach Strings, die einem bestimmten Muster entsprechen. Ein Beispiel wäre die Suche nach Wörtern, die mit einem "T" beginnen und auf einem "g" enden oder Teil-Strings, die mit einem Buchstaben beginnen, gefolgt von einem oder mehreren Ziffern.

Mit der Funktion Muster suchen und den VIs "Muster suchen und ersetzen" können Sie nach Strings suchen, indem Sie Buchstabenfolgen oder Sonderzeichen in den Eingang Regulärer Ausdruck eingeben. Mit Hilfe der Funktion Muster suchen und ersetzen können Sie nach Text in einem String suchen und diesen ersetzen.

Mit den Funktionen Regulären Ausdruck suchen und Muster suchen und ersetzen können mit der PCRE-Syntax (Perl Compatible Regular Expression) komplexere reguläre Ausdrücke gesucht werden. Zur Suche mit regulären Ausdrücken oder zum Ersetzen von Teiltreffern klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Funktion "String suchen und ersetzen" und wählen Sie Regulärer Ausdruck. Nach dem Aufziehen der Funktion "Regulären Ausdruck suchen" sehen Sie alle im String gefundenen Teiltreffer. Eine Suche nach regulären Ausdruck suchen" hat mehr Optionen, ist aber bedeutend langsamer als die Funktion "Muster suchen".

2.3.2. Numerischer-Datentyp

In LabVIEW können numerische Daten als Fließkommawerte, Festkommawerte, ganze Zahlen (Integer), vorzeichenlose Integer und komplexe Zahlen dargestellt werden. Komplexe numerische Daten sowie Werte mit doppelter und einfacher Genauigkeit werden in LabVIEW orange dargestellt. Die Anzeige ganzer Zahlen erfolgt in blau.

Hinweis: Der Unterschied zwischen den numerischen Datentypen besteht in der Anzahl der Bits, die zur Speicherung der Daten verwendet werden, und den Datenwerten, die sie darstellen.

Für bestimmte Datentypen gibt es auch erweiterte Konfigurationsoptionen. Zum Beispiel können Fließkommawerten (einschließlich komplexen Werten) physikalische Maßeinheiten zugewiesen werden und für Festkommawerte können Sie Kodierung und Bereich festlegen.

Hinweis: Der Unterschied zwischen den numerischen Datentypen besteht in der Anzahl der Bits, die zur Speicherung der Daten verwendet werden, und den Datenwerten, die sie darstellen.

Für bestimmte Datentypen gibt es auch erweiterte Konfigurationsoptionen. Zum Beispiel können Fließkommawerte (einschließlich komplexer Werte) physikalischen Maßeinheiten zugewiesen werden und für Festkommawerte können Sie Kodierung und Bereich festlegen.

Einheiten und strikte Typprüfung

Wenn Sie einem Objekt Einheiten zuweisen, können Sie nur Objekte verbinden, die über kompatible Einheiten verfügen. LabVIEW verwendet die strikte Typprüfung, um sicherzustellen, dass die Einheiten kompatibel sind. Wenn Sie zwei Objekte mit inkompatiblen Einheiten verbinden, wird ein Fehler ausgegeben. Dies geschieht z.B. dann, wenn Sie ein Objekt mit der Einheit Meter mit einem Objekt mit der Einheit Liter verbinden, da Meter ein Längenmaß und Liter ein Raummaß ist. Im folgenden VI sehen Sie, wie Objekte mit kompatiblen Einheiten verbunden werden. In diesem VI skaliert LabVIEW die Anzeige Entfernung automatisch so, dass Kilometer anstelle von Metern angezeigt werden, da das Anzeigeelement auf Kilometer eingestellt ist.



Einige VIs und Funktionen sind im Hinblick aufAbb. 2.3.3 Verwendung von EinheitenEinheiten doppeldeutig. Diese VIs und Funktionen können Sie nicht mit anderen

Anschlüssen verwenden, die Einheiten aufweisen. Beispielsweise ist die Funktion Inkrementieren doppeldeutig im Hinblick auf Einheiten. Wenn Sie Längenmaße verwenden, kann die Funktion "Inkrementieren" nicht feststellen, ob ein Meter, ein Kilometer oder ein Zentimeter hinzugefügt werden soll. Aufgrund dieser Doppeldeutigkeit können die Funktion "Inkrementieren" und andere Funktionen, mit denen Werte erhöht oder verringert werden, nicht mit Daten verwendet werden, denen Einheiten zugewiesen werden. Zur Vermeidung der Doppeldeutigkeit in diesem Beispiel ist eine numerische Konstante mit der korrekten Einheit zu verwenden sowie die Funktion Addieren, um eine eigene Inkrementieren-Funktion zum Erhöhen von Werten mit Einheiten zu erstellen, wie im nachfolgenden Blockdiagramm dargestellt.

Festkommadatentyp

Der Festkommadatentyp ist ein numerischer Datentyp, der mithilfe von Binärziffern (Bits) bestimmte rationale Zahlen darstellt. Im Vergleich zu Fließkommawerten, bei denen die Genauigkeit und der Bereich der Daten variieren können, kann für Festkommawerte eine bestimmte Anzahl an Integer- und Bruchteil-Bits festgelegt werden.

Hinweis: Zur Darstellung von rationalen Zahlen mit Hilfe des Festkommadatentyps muss der Nenner des rationalen Werts eine Zweier-Potenz sein, da das binäre Zahlensystem auf 2 basiert.

Verwenden Sie Festkommawerte, wenn der dynamische Bereich der Fließkommadarstellung nicht benötigt wird oder Sie mit einem Zielsystem arbeiten, welches die Fließkomma-Arithmetik nicht unterstützt.

Hinweis: (FPGA Module) Weitere Informationen zur Verwendung von Festkommawerten auf FPGA-Zielsystemen finden Sie unter Using the Fixed-Point Data Type. Zum Festlegen, welcher Datentyp am besten für Ihren Entwurf geeignet ist, evaluieren Sie die Verwendung des numerischen Datentyps.

Darstellung von rationalen Zahlen mithilfe des Festkommadatentyps

Ein Festkommawert hat eine feste Anzahl an Ziffern und Dezimalstellen. Die Integer-Bits werden links vom Binärpunkt angezeigt und der Bruchteil rechts davon. Da Sie die Anzahl der Bits bestimmen können, ist die Position des Binärpunkts (entspricht dem Dezimalpunkt) fest vorgegeben.

So kann beispielsweise die rationale Zahl 0,5 als Festkommawert mit 8 Bits dargestellt werden, wobei 4 Bits für die Integer-Darstellung verwendet werden.

Rationale Zahl	Festkomma-Äquivalent
0.5	0000.1000

Abb. 2.3.4

Die gleiche rationale Zahl kann auch als Festkommawert mit 16 Bits und 8 Bits für die Integer-Darstellung dargestellt werden.

Rationale Zahl	Festkomma-Äquivalent
0.5	0000000.10000000

Abb. 2.3.5

Im Vergleich zu Festkommawerten kann sich bei Fließkommawerten die Anzahl der Bits für den ganzzahligen Teil und den Bruchteil im Verlauf von Berechnungen verändern. Der Binärpunkt bei Fließkommawerten kann also verschoben werden.

Hinweis: Wenn Sie keine genaue Anzahl an Bits für die Darstellung von rationalen Zahlen als Festkommawerte angeben, wird der Wert so angepasst, dass der geringste Datenverlust auftritt. **Werte über 64 Bits können in LabVIEW nicht bearbeitet werden.**

Bereich

LabVIEW berechnet den Bereich und den Delta-Wert für einen Festkommawert entsprechend den Werten, die bei der Kodierung des Festkommawerts angegeben wurden.

- Minimum—Legt den Mindestwert für den Bereich der Festkommawerte fest.
- Maximum—Legt den Maximalwert für den Bereich der Festkommawerte fest.
- **Delta**—Das Inkrement zwischen den Werten innerhalb des angegebenen Bereichs.

LabVIEW stellt diese Konfiguration im folgenden Format in der Kontexthilfe dar, wenn Sie den Cursor über eine Verbindung mit Festkommadaten bewegen:

[Minimum, Maximum]:Delta

Zum Beispiel:

[-4, 4]:1 definiert ein Minimum von -4, ein Maximum von 4 und ein Delta von 1.

Festkomma-Arithmetik

Wenn Sie arithmetische Operationen an Festkommawerten mit einer festgelegten Wortlänge durchführen, bleibt die Position des Binärpunkts unverändert. Dieses Verhalten unterscheidet sich von Fließkommawerten, bei denen sich die Position des Dezimalpunkts während der Ausführung ändern kann. Wenn das Ergebnis einer arithmetischen Operation eine größere Wortlänge erfordert, gehen eventuell Daten verloren.

LabVIEW passt die Wortlänge der Ausgabewerte von numerischen Funktionen so an, dass möglichst keine Daten verloren gehen. Ein Datenverlust kann aber nicht vermieden werden, wenn die zur Darstellung der Ausgabe notwendige Word-Länge das angegebene Maximum oder 64 Bits überschreitet. Klicken Sie zum Konfigurieren der Ausgabeeinstellungen einer numerischen Funktion mit der rechten Maustaste auf die Funktion und wählen Sie **Eigenschaften** aus dem Kontextmenü, um das Dialogfeld **Eigenschaften für numerischer Knoten** anzuzeigen.

Überlauf und Rundung

Überlauf- und Rundungsbedingungen können auftreten, wenn arithmetische Operationen an Festkommawerten durchgeführt oder numerische Daten mithilfe der Funktion Nach Festkomma in Festkommadaten umgewandelt werden.

LabVIEW konfiguriert die Ausgaben von numerischen Funktionen, um einen Überlauf oder eine Rundung von Festkommawerten möglichst zu vermeiden. Unter bestimmten Bedingungen können Überlauf- oder Rundungsbedingungen aber nicht verhindert werden.

z.B. Festkommadaten mit numerischen Funktionen wie Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren oder Quadrat verbunden werden, erhöht LabVIEW die Wortlänge des Ausgabewerts, um das Ergebnis der Operation per Voreinstellung anzupassen. Dieses Verhalten ähnelt dem von Fließkommawerten. Wenn allerdings eine Ausgabe erforderlich ist, welche die maximal zulässige Word-Länge überschreitet, kann es zu Überlauf oder Rundung kommen. LabVIEW arbeitet mit einer Wortlänge von maximal 64 Bit.

Hinweis: Wenn Sie Festkommawerte mit der Funktion Dividieren, Kehrwert oder Quadratwurzel verbinden, treten grundsätzlich Rundungsbedingungen auf, da die Genauigkeit der Ergebnisse unendlich sein kann.

Eine andere mögliche Ursache für Überlauf- oder Rundungsbedingungen sind Werte, die mithilfe des Binärsystems nicht genau dargestellt werden können.

<u>Überlauf</u>

Überlauf tritt auf, wenn das Ergebnis einer Operation außerhalb des Bereichs liegt, der mit dem ausgewählten Ausgabetyp dargestellt werden kann. Zur Handhabung von Überlaufbedingungen stehen folgende Möglichkeiten zur Auswahl: **Saturieren**—Wenn der Wert das Maximum des angegebenen Ausgabebereichs überschreitet, rundet LabVIEW den Wert auf das Maximum ab. Ist der Wert kleiner ist als das Minimum des Bereichs, wird er an das angegebenen Ausgabebereichs liegt, werden signifikante Bits verworfen, bis der Wert in den gewünschten Bereich fällt. Diese Option erfordert, dass der Ausgangswert mit der festgelegten Kodierung übereinstimmt. Bei Auswahl der Option können Sie keinen Bereich bestimmen. LabVIEW legt den Bereich automatisch gemäß Kodierung fest.

Hinweis: Für den Saturieren-Modus sind in der Regel zusätzliche Hardware-Ressourcen am FPGA erforderlich.

Um festzulegen, ob ein Überlauf stattfindet, können Sie eine Festkommazahl konfigurieren, so dass ein Überlaufstatus eingeschlossen wird. Beim Einschließen eines Überlaufzustands in eine Festkommazahl reserviert LabVIEW zusätzlichen Speicherplatz, um nachzuverfolgen, ob die Fließkommazahl das Ergebnis einer Operation mit Überlauf ist. Nach dem Konfigurieren einer Festkommazahl zum Einschließen eines Überlaufzustands können Sie eine Überlaufzustands-LED an Festkomma-Elementen und -Konstanten anzeigen. Die LED leuchtet, wenn der Überlaufzustand der Festkommazahl TRUE ist. Sie können den Überlaufzustand einer Festkommazahl auch mit Hilfe der Funktion Festkommaüberlauf? bestimmen. Mit den Festkommafunktionen können Sie den Überlaufzustand eines Festkommawerts ändern.

Hinweis: Festkommawerte werden nicht auf Unterlaufbedingungen geprüft.

Wenn Sie Festkommawerte mit Hilfe der Vergleichsfunktionen vergleichen, werden nur die Zahlen vergleichen und der Überlaufzustand wird ignoriert. Wenn Sie z. B. mit Hilfe der Funktion Gleich? eine Festkommazahl von 1,5 mit einem Überlaufzustand von TRUE mit einer Festkommazahl von 1,5 ohne Überlaufzustand vergleichen, gibt LabVIEW TRUE aus. Klicken Sie zum Konfigurieren der Ausgabeeinstellungen einer numerischen Funktion mit der rechten Maustaste auf die Funktion und wählen Sie **Eigenschaften** aus dem Kontextmenü, um das Dialogfeld **Eigenschaften für numerischer Knoten** anzuzeigen. Konfigurieren Sie mithilfe dieses Dialogfelds die Handhabung von Festkommadaten bei Überlauf- und Rundungsbedingungen.

<u>Runden</u>

Rundung tritt auf, wenn die Genauigkeit der Eingabe oder des Ergebnisses einer Operation höher ist als die Genauigkeit des Ausgabetyps. LabVIEW passt die Genauigkeit der Eingabe an die Genauigkeit des Ausgabetyps an. Als Beispiel soll ein Ausgabetyp dienen, der die aufeinanderfolgenden Werte *s* und *t* darstellen kann. Wenn das Ergebnis einer Operation *x* lautet und *x* zwischen *s* und *t* liegt, so dass s < x < t ist, dann tritt Rundung auf, da *x* nicht genau dargestellt werden kann.

Zur Handhabung von Rundungsbedingungen stehen folgende Möglichkeiten zur Auswahl: **Abschneiden**—Rundet den Wert auf den nächsten Wert ab, den der Ausgabetyp darstellen kann. LabVIEW verwirft die niedrigstwertigen Bits des Werts. Diese Art der Rundung hat den geringsten Einfluss auf die Leistung, erzeugt aber auch die ungenauesten Werte. Wenn der Ausgabewert *x* beispielsweise zwischen den aufeinanderfolgenden Werten *s* und *t* liegt, so dass

s<x<t,

dann setzt LabVIEW x auf s.

Halb aufrunden—Rundet den Wert auf den nächsten Wert, den der Ausgabetyp darstellen kann. Wenn der Wert genau zwischen zwei gültigen Werten liegt, wird mit dieser Option auf den größeren der beiden Werte gerundet. LabVIEW fügt dem Ausgabewert ein halbes

niedrigstwertiges Bit hinzu und kürzt ihn anschließend. Dieses Rundungsverfahren führt zu genaueren Ausgabewerten als das Abrunden, beeinflusst aber die Leistung stärker.

Wenn der Ausgabewert x beispielsweise zwischen den aufeinanderfolgenden Werten s und t liegt, so dass

s<*x*<*t*,

dann setzt LabVIEW *x* auf den näheren der beiden Werte *s* und *t*. Wenn *x* genau zwischen *s* und *t* liegt, wählt LabVIEW *t*.

Halb auf- oder abrunden—Rundet den Wert auf den nächsten Wert, den der Ausgabetyp darstellen kann. Wenn der Wert genau zwischen zwei gültigen Werten liegt, prüft LabVIEW das Bit, das nach dem Runden das niedrigstwertige Bit darstellt. Wenn das Bit 0 ist, rundet diese Option den Wert auf den kleineren der beiden Werte, die der Ausgabetyp darstellen kann. Wenn das Bit nicht 0 ist, wird der Wert aufgerundet. Dieses Rundungsverfahren beeinflusst die Leistung am stärksten, erzeugt aber genauere Ergebnisse als das Abrunden. Des Weiteren wird die Neigung zu größeren Werten, die bei wiederholten halben Aufrundungen auftreten kann, aufgehoben. Dies ist das voreingestellte Rundungsverfahren.

Wenn der Ausgabewert x beispielsweise zwischen den aufeinanderfolgenden Werten s und t liegt, so dass

s<x<t,

dann setzt LabVIEW *x* auf den näheren der beiden Werte *s* und *t*. Wenn *x* genau zwischen *s* und *t* liegt, wird *s* gewählt, wenn das niedrigstwertige Bit nach dem Runden 0 beträgt. Ansonsten wird *t* gewählt.

Hinweis: Die Auswirkung auf die Leistung ist bei allen Rundungsverfahren minimal. Die Leistung kann aber stärker beeinträchtigt werden, wenn ein VI mit Überlaufbedingungen auf einem Zielsystem wie dem FPGA ausgeführt wird.

Weitere Informationen zur Leistungsbeeinträchtigung beim FPGA finden Sie unter Using the Fixed-Point Data Type.

2.3.3. Boolescher Datentyp

Boolesche Werte werden in LabVIEW durch **acht Bit** dargestellt. Mit booleschen Werten werden in LabVIEW 0 und 1 oder TRUE und FALSE ausgedrückt. Ist der 8-Bit-Wert 0, so lautet der boolesche Wert FALSE. Alle Werte ungleich 0 stehen für TRUE. Mit booleschen Werten werden beispielsweise digitale Daten dargestellt. Eine andere Anwendung sind Frontpanel-Elemente wie Schalter für die Steuerung von Ausführungsstrukturen (z. B. Case-Struktur). Ein boolesches Element wird in der Regel als bedingte Anweisung für das Beenden von While-Schleifen verwendet. In LabVIEW werden boolesche Werte grün gekennzeichnet.

Bei booleschen Elementen in LabVIEW gibt es sechs verschiedene Schaltverhalten, wodurch die Elemente in ihrer Funktion tatsächlichen Bauteilen sehr nahekommen.

Hinweis: Wird einem booleschen Element eine Taste zugewiesen, wird das Element mit Betätigung der Taste umgeschaltet. Wenn das Element z. B. auf eines der Verriegelungsverhalten eingestellt ist ("Latch"), wird das Element beim Betätigen der Taste entriegelt.

Um das Schaltverhalten eines booleschen Bedienelements zu ändern, gehen Sie wie folgt vor:

- 1. Fügen Sie ein boolesches Element auf dem Frontpanel ein, z. B. einen Druckschalter.
- 2. Klicken Sie zur Anzeige des Dialogfelds **Eigenschaften für boolesches Element** mit der rechten Maustaste auf das boolesche Bedienelement und wählen Sie aus dem Kontextmenü die Option **Eigenschaften**.
- 3. Klicken Sie im Dialogfeld **Eigenschaften für boolesches Element** auf die Registerkarte **Operation**.
- 4. Wählen Sie das gewünschte Schaltverhalten aus. Unter Beschreibung des Schaltverhaltens sehen Sie eine Erklärung zum ausgewählten Schaltverhalten, und Sie können sich eine Vorschau des gewählten Verhaltens anzeigen lassen.
- 5. Dabei steht M in den Schaltbildern für die Bewegung der Maustaste auf dem Element, V für den Ausgabewert des Elements und RD für den Zeitpunkt, an dem das VI den Wert liest.
- 6. Folgende Schaltverhalte stehen zur Auswahl:
 - Beim Drücken schalten—Das Element schaltet, wenn Sie es mit dem Bedienwerkzeug anklicken. Die Häufigkeit, mit der das VI das Element liest, wirkt sich nicht auf dieses Verhalten aus.
 - Beim Loslassen schalten—Der Wert des Elements wird nur geändert, nachdem Sie die Maustaste innerhalb der grafischen Begrenzungen des Bedienelements losgelassen haben. Die Häufigkeit, mit der das VI das Element liest, wirkt sich nicht auf dieses Verhalten aus.
 - Bis zum Loslassen schalten—Ändert den Wert des Bedienelements, wenn Sie es anklicken und schaltet erst zurück, wenn Sie die Maustaste wieder loslassen. Das Element schaltet also wie ein Türöffner immer wieder in seinen Ausgangszustand zurück. Die Häufigkeit, mit der das VI das Element

liest, wirkt sich nicht auf dieses Verhalten aus. Bei Optionsfeldern kann dieses Schaltverhalten nicht ausgewählt werden.

- Latch beim Drücken—Schaltet beim Anklicken des Elements. Der neue Wert wird so lange beibehalten, bis er vom VI einmal erfasst wurde. Das Element schaltet dann automatisch zurück, auch wenn Sie die Maustaste weiterhin gedrückt halten. Dieses Schaltverhalten ähnelt dem eines Leistungsschalters und eignet sich beispielsweise zum Anhalten von While-Schleifen oder wenn beim Schalten eine Aktion nur einmal erfolgen soll. Bei Optionsfeldern kann dieses Schaltverhalten nicht ausgewählt werden.
- Latch beim Loslassen—Schaltet erst, wenn die Maustaste über dem Element losgelassen wurde. Wenn der Wert einmal vom VI gelesen wurde, schaltet das Element zurück. Dieses Element funktioniert damit auf die gleiche Weise wie Dialogfeld- und Systemschaltflächen. Bei Optionsfeldern kann dieses Schaltverhalten nicht ausgewählt werden.
- Latch bis zum Loslassen—Das Element schaltet, wenn Sie darauf klicken, und schaltet erst wieder zurück, wenn es einmal vom VI ausgelesen oder die Maustaste losgelassen wurde (je nachdem, welcher Vorgang als letzter durchgeführt wird). Bei Optionsfeldern kann dieses Schaltverhalten nicht ausgewählt werden.

Hinweis: Das Latch-Schaltverhalten kann nicht bei Objekten mit lokalen Variablen verwendet werden. Wenn Sie einen booleschen Wert mit Latch-Schaltverhalten konfigurieren, geben die Eigenschaften Wert und Wert (Signalisierend) einen Fehler aus, wenn sich das VI nicht im Ruhestand befindet (wenn das z. B. ausgeführt wird oder zur Ausführung reserviert ist). Aufgrund von Laufzeitproblemen (race conditions), die beim Verriegeln boolescher Elemente auftreten können, lassen sich die booleschen Werte solcher Elemente nicht programmatisch auslesen.

2.4. Boolesche Funktionen

Mit Hilfe der booleschen Funktionen können logische Operationen für einzelne boolesche Werte oder Arrays mit booleschen Werten durchgeführt werden.

Boolescher Wert nach (0,1):



Wandelt ein boolesches FALSE oder TRUE in den 16-Bit-Integer-Wert 0 bzw. 1 um.

Boolesches Array nach Zahl:



Wandelt ein Boolesches Array in einen Integer oder eine Festkommazahl um, indem das Array als Binärschreibweise des Werts interpretiert wird. Bei Zahlen mit Vorzeichen interpretiert LabVIEW das Array als Zweierkomplement der Binärschreibweise. Das erste Element des Arrays entspricht dem niedrigstwertigen Bit der Zahl.

Exlusiv-NICHT-ODER



Abb. 2.4.3

x und y müssen boolescher wert sein.

Wendet eine logische Negation auf ein logisches Exklusiv-ODER (XOR) der Eingangsgrößen an. Die Eingangsgrößen müssen beide boolesche Werte, numerische Werte oder Fehler-Cluster sein. Wenn beide Eingänge TRUE oder beide Eingänge FALSE sind, gibt die Funktion ein TRUE aus. Ansonsten wird FALSE ausgegeben.

Exklusiv-ODER



Abb. 2.4.4

Wendet ein logisches Exklusiv-ODER (XOR) auf die Eingänge an. Die Eingangsgrößen müssen beide boolesche Werte, numerische Werte oder Fehler-Cluster sein. Wenn beide Eingänge TRUE oder beide Eingänge FALSE sind, gibt die Funktion ein FALSE aus. Ansonsten wird TRUE ausgegeben.

FALSE-Konstante



Diese Konstante übergibt einen FALSE-Wert an das Blockdiagramm. Um den Wert auf TRUE zu setzen, klicken Sie mit dem Bedienwerkzeug auf den T-Teil der Konstante oder mit der rechten Maustaste auf die Konstante und wählen Datenoperationen»Wert auf TRUE ändern aus dem Kontextmenü aus. Eine Änderung ist allerdings nicht möglich, solange das VI läuft.

Implikation



Negiert x und berechnet danach das logische ODER aus y und dem negierten Wert von x. Die Eingangsgrößen müssen beide boolesche Werte, numerische Werte oder Fehler-Cluster sein. Wenn x TRUE ist und y FALSE, gibt die Funktion FALSE aus. Ansonsten wird TRUE ausgegeben.

Mehrfacharithmetik



Führt arithmetische Operationen an numerischen Werten, Arrays, Clustern oder booleschen Werten aus. Zur Auswahl der mathematischen oder logischen Operation (Addieren, Multiplizieren, UND, ODER oder Exklusiv-ODER) klicken Sie die Funktion mit der rechten Maustaste an und wählen Sie aus dem Kontextmenü die Option Modus ändern aus. Wenn Sie die Funktion aus der Palette Numerisch ins Blockdiagramm einfügen, lautet die Voreinstellung "Addieren". Wenn die gleiche Funktion dagegen aus der Palette Boolesch stammt, lautet die Voreinstellung "ODER".

NICHT

ODER

UND

UND/ODER Array



Abb. 2.4.8

Ist TRUE, wenn entweder alle Elemente in boolesches Array TRUE sind oder boolesches Array leer ist. Anderenfalls wird FALSE ausgegeben. Die Funktion arbeitet mit Arrays jeder Größe, gibt aber immer nur einen Wert aus, der die Verknüpfung aller Werte aus boolesches Array darstellt.

ZAHL nach Boolesches Array



Wert kann eine Zahl sein.

[TF] Boolesches Array kann 8, 16, 32 oder 64 Elemente haben, wenn Wert eine ganze Zahl ist. Wenn es sich bei Wert um eine Festkommazahl handelt, kann Boolesches Array 1 bis 64 Elemente enthalten.

Abb. 2.4.9

Konvertiert einen Integer oder Festkommawert in ein boolesches Array. Wenn Sie einen Integer mit Nummer verbinden, gibt Boolesches Array je nach Bitanzahl des Integers ein Array mit 8, 16, 32 oder 64 Elementen aus. Wenn Sie einen Festkommawert mit Nummer verbinden, entspricht die Größe des von Boolesches Array ausgegebenen Arrays der Wortlänge des Werts. Das nullte Element des Arrays entspricht dem niedrigstwertigen Bit des Zweierkomplements der Binärdarstellung des Integers.

2.5. Mathematische Funktionen

Mit Hilfe der mathematischen Funktionen können gängige Konstanten der Mathematik, mathematisch einfache Operationen oder komplexere Berechnungen eingebunden werden.

2.5.1. Konstanten

LabVIEW bietet verschiedene mathematische und physikalische konstanten zu Berechnung

Erreichbar sind diese unterunter: Funktionen - Nummerisch - Konstanten

Die Abbildung 2.5.1.1 zeigt die verschiedenen Konstanz

Gewisse rechnerische Kombination von konstanten sind bereits zusammengefasst um den gesamte Therme zu vereinfachen.



Abb. 2.5.1.1

2.5.2. Vergleichselemente

LabVIEW bietet verschiedene Vergleichsoperator, diese sind vor allen Dingen wichtig für logische und programmiertechnische Anwendungen wie z.B If Abfragen Erreichbar sind diese unterunter: Funktionen - Vergleichselemente



Abb. 2.5.2.1 Besondere Elemente:



Abb. 2.5.2.1

Auswählen:

Schaltet wahlweise einen von zwei Werten auf den Ausgang

Max und Min:

Ordnet zwei Werte an. Liegen an den Eingängen Arrays an,werden die Werte Elementweise verglichen und in einem Array ausgegeben.

Wertebereich prüfen und erzwingen:

Begrenzt einen Eingabewert auf einen festgelegten Bereich

2.5.3. Nummerische Funktionen

Erreichbar unter: Funktionen - Nummerisch BEACHTE dabei: Schreibweise für Potenz (**).

Dezimalzahlen müssen mit Dezimalpunkt geschrieben werden



Abb. 2.5.3.1

2.5.4. Case-Strukturen

Eine Case-Struktur hat mindestens zwei Unterdiagramme (Cases).

Davon ist immer nur jeweils ein Unterdiagramm sichtbar und die Struktur führt immer nur jeweils einen Case aus. Welches Unterdiagramm ausgeführt wird, hängt vom jeweiligen Eingangswert ab. Die Case-Struktur entspricht der Switch- oder If-Then-Else-Anweisung in befehlsorientierten Programmiersprachen.

Abbildung 2.5.4.1 zeigt ein beispielhaften Aufbau einer Case Struktur Der Case-Selektor am oberen Rand der Struktur (a) gibt den Namen des Cases an (mittlerer Teil) und enthält rechts und links einen Pfeil.

Damit kann zwischen den einzelnen Cases gewechselt werden. Wenn Sie auf den Pfeil rechts neben dem Case-Namen klicken, wird ein Pulldown-Menü mit den vorhandenen Cases angezeigt.

Die Eingangswerte werden über den Selektoranschluss (b) an die Schleife übergeben.

Der Selektoranschluss kann nur mit einem Integer, booleschen Wert, String oder Enum-Wert verbunden werden. Der Anschluss kann an einer beliebigen Stelle am linken Rand der Case-Struktur angeordnet werden. Wenn ein boolescher Wert an die Struktur übergeben

wird, enthält diese automatisch einen TRUE- und einen FALSE-Case. Bei Integern, Enum-Werten und Strings kann die Struktur beliebig viele Cases enthalten.



Abb. 2.5.4.1

2.5.5. Formelknoten

Formelknoten geben weitreichende Berechnungen in Formelschreibweise. Verzweigungen werden ermöglicht.

Beachte das jeder Ausdruck mit einem Semikolon abgeschlossen werden muss.

Zwischenergebnisse können mit Formelknoten verwendet werden.

Der Formelknoten eignet sich vor allem für lange IF Anweisungen und Verrechnung von verschiedenen Variablen. Abbildung 2.5.5.1 zeigt verschiedene Beispiele zur Anwendung des Formelknoten.





2.6. Schleifen

2.6.1. For-Schleife

Führt das Unterdiagramm so oft aus, wie am Anschluss **N** angegeben. Der Iterationsanschluss i liefert den aktuellen Wert des Schleifenzählers, welcher von 0 bis n-1 zählt.



Abb. 2.6.1.1 For-Schleife

Eingangswerte von Anschlüssen

N	Der Zählanschluss gibt an, wie häufig der Inhalt der For-Schleife ausgeführt werden soll. Wenn Sie 0 oder einen negativen Wert mit dem Zählanschluss verbinden, wird die Schleife nicht ausgeführt.
	Der Anschluss wird per Voreinstellung immer angezeigt.
P	(Optional) Der Anschluss für parallele Instanzen gibt die Anzahl der Schleifenexemplare an, auf denen parallele Schleifeniterationen ausgeführt werden sollen. Wenn Sie den Anschluss für parallele Instanzen offen lassen, fragt LabVIEW automatisch die Anzahl der Logikprozessoren des Computers ab und verwendet diese Anzahl als Standardwert für die parallelen Instanzen.
	Mit dem Anschluss für parallele Instanzen und der Einstellung Anzahl der Instanzen paralleler Schleifen des Dialogfelds Parallele Ausführung von For-Schleifen-Iterationen können Sie die Ausführungseffizienz der For-Schleife durch Über- und Unterbelegung der Prozessoren verbessern.
	Damit dieser Anschluss anzeigt wird, müssen Sie parallele Iterationen für die For-Schleife aktivieren.
C	(Optional) Am Anschluss für Iterationsblöcke kann das Timing für die parallele Ausführung von Iterationsblöcken festgelegt werden, sofern die For-Schleife auf parallele Iterationen konfiguriert ist. Ein benutzerdefiniertes Timing für die Iterationsausführung ist jedoch nur zu empfehlen, wenn eine Abweichung von der Standardeinstellung sinnvoll ist.
	Damit dieser Anschluss angezeigt wird, müssen Sie den Zeitplan für parallele Iterationen programmatisch konfigurieren.
۲	(Optional) Am Bedingungsanschluss können Sie zusätzliche Bedingungen für das Stoppen der For-Schleife angeben. Die For-Schleife stoppt normalerweise nach Absolvieren der am Zählanschluss angegebenen Iterationsanzahl. Am Bedingungsanschluss können Sie jedoch auch andere Bedingungen wählen, z. B. dass die Ausführung bei einem Fehler beendet werden soll.
	Per Voreinstellung ist der Bedingungsanschluss auf Bei TRUE stoppen eingestellt. Sie können aber auch die Bedingung ändern in Bei FALSE stoppen.
	Damit dieser Anschluss angezeigt wird, ist die For-Schleife so zu konfigurieren, dass sie bei einer Bedingung stoppt.

Ausgangswerte von Anschlüssen

Ν	(Optional) Der Zählanschluss zeigt an, wie häufig der Inhalt der For-Schleife ausgeführt wird.
	(Optional) Der Iterationsanschluss zeigt die Anzahl abgeschlossener Iterationen an. Die erste Iteration entspricht dem Wert 0. Der Anschluss wird per Voreinstellung immer angezeigt.
P	(Optional) Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Anschluss und wählen Sie P-Anschluss (Ausgang) , um den Ausgangswert des Anschlusses für parallele Instanzen anzugeben. Der Anschluss gibt folgende Werte aus:
	 Anzahl der Instanzen—Die Anzahl der Schleifenexemplare, die LabVIEW parallel ausführt. Dabei handelt es sich um den Mindestwert, der am Anschluss für parallele Instanzen und im Feld Anzahl der Instanzen paralleler Schleifen des Dialogfelds Parallele Ausführung von For-Schleifen-Iterationen angegeben ist.
	 ID der aktuellen Instanz—Kennung zwischen 0 und P-1, die der in der aktuellen Iteration ausgeführten Schleifeninstanz entspricht.
C	(Optional) Gibt die Größe der Teiliteration an, die LabVIEW gerade ausführt.

Eingangswerte von For-Schleifen-Tunneln

Mithilfe von Schleifentunneln können Werte durch die For-Schleife hindurch geleitet werden. Sie können den Tunnelmodus ändern, so dass die Werte unterschiedlich gehandhabt werden. Einzelheiten dazu finden Sie in der folgenden Tabelle.

-8-	Der Tunnel leitet Daten in die For-Schleife hinein und aus der Schleife heraus, ohne die Daten zu verändern.		
•	Die Werte der vorherigen Iteration werden in Schieberegister aufgenommen und an die nächste Iteration übergeben.		
-0-	Beim Verbinden eines Arrays mit dem Eingangstunnel der For-Schleife lesen die autoindizierten Tunnel in jeder Iteration ein Element aus und verarbeiten es.		

Ausgangswerte von For-Schleifen-Tunneln

Die For-Schleife kann so konfiguriert werden, dass entweder der letzte Wert der letzten Schleifeniteration, ein indiziertes Array mit allen Schleifenwerten oder ein verknüpftes Array mit allen Schleifenwerten erzeugt wird. Die Ausgabeart kann durch einen Rechtsklick auf den Ausgangstunnel der Schleife und Auswahl des **Tunnelmodus** festgelegt werden.

2.6.2. While-Schleife

Eine While-Schleife führt ihr Unterprogramm solange aus, bis der Bedingungsanschluss einen spezifischen booleschen Wert bekommt.

Der Anschluss i enthält den aktuellen Wert des Schleifenzählers. Er beginnt bei 0.



Abb. 2.6.2.1 While-Schleife

Nach dem Erstellen einer While-Schleife können Werte mit Hilfe von Schieberegistern von einem Durchlauf an den nächsten übergeben werden. Verbindet man die Schleife mit einem Array, kann jedes Element mithilfe der Auto-Indizierung ausgelesen und verarbeitet werden.

3. Hardware

Die Wetterstation kann grob hardwaremäßig in vier Teile gegliedert werden.

Das programmierbare Entwicklungsboard also der myRIO zur Auswertung der Daten ist von der Firma National Instruments und wird unter Punkt 3.1. näher erläutert.

Messeinrichtung ist der Clima Sensor US, welcher alle Meteorlogischen Daten der Umwelt erfasst wird im Punkt 3.2. weiter erklärt.

Unter dem Punkt 3.3. wird auf den Inhalt des Schaltschrank, sowie dessen Inneren Aufbau näher eingegangen.

Der gesamte Messaufbau bzw.die Montage im Versuchsfeld und Anschluss an die Unterverteilung wird unter Punkt 3.4. genauer geschildert.

3.1. Entwicklungsboard - NI myRIO

Die Firma National Instruments hat ein Entwicklungsboard entworfen, welches insbesondere für Lehre und das Erlernen von Programmierung gedacht ist.

Im Vergleich zu Mikrocontroller Boards oder Single-board-Computern bewegt sich der myRIO in puncto Abstraktionsebene etwas über beiden Systemen, bleibt aber mit seinen Möglichkeiten zwischen beiden Arten und bildet so das mittlere Segment.

Der myRIO kann mit C programmiert werden, wie auch die beiden anderen Referenzprodukte.

Darüber hinaus bietet er die Möglichkeit, mit der Software LabView programmiert zu werden. Er verfügt über diverse Anschlussmöglichkeiten wie unter anderem über rekonfigurierbare I/O-Schnittstellen (Ableitung des "RIO" im Namen) bei diesem Modell sind es 40 digitale I/O-Leitungen, 10 Analogein- sowie 6 Analogausgängen.

Weitere digitale I/Os sind die LEDs und der Druckknopf am äußeren Gehäuse, die ebenfalls frei konfigurierbar sind. Zudem befindet sich ein vorkonfigurierter Druckknopf auf dem Gehäuse für eine geschützte und schnellere WLAN-Verbindung(WPS = WiFi protected Setup) was aber erst in einer späteren Softwareaktualisierung möglich sein wird. Neben den frei verfügbaren LEDs(Abb. 3.1.1) gibt es auch drei voreingestellt zur Anzeige folgender Daten Power(= Energieversorgung sicher gestellt), Status des myRIO und der Anzeige einer stabilen WLAN-Verbindung.

Durch zwei 3,5mm Klinkenanschlüsse wird außerdem die Audioeingabe und -ausgabe unterstützt.



Abb. 3.1.1 Ober- und Unterseite des myRIO

Im Inneren dieses Entwicklungsboards befindet sich außerdem ein Beschleunigungssensor zur Ermittlung der aktuellen Drehung des myRIO's, um z.B. Balancieraufgaben zu realisieren.

Der myRIO verfügt außerdem über WLAN, was ihm eine Netzwerkkommunikation erlaubt, um z.B. Datenbanken anzulegen oder eine drahtlose Programmierung ermöglicht oder auch das Verarbeiten von Signalen anderer Geräte im Netzwerk(unter anderem auch per App). Ein Internetzugriff ist auch denkbar.

Die Prozessorleistung wird von einem echtzeitfähigen Dual-Core-Prozessor Cortex™-A9 von ARM sowie einem individuell anpassbaren FPGA von Xilinx.

Auf dem folgendenn Bild(Abb. 3.1.2) ist die voreingestellte Belegung der MXPs zu sehen. Diese können natürlich im LabView in dem FPGA-Modul angepasst werden. (Gezeigt ist eine lange Seite des Cases.)



MXP = MyRIO Expansion Port

Abb. 3.1.2 linke Seite

Auf der anderen Seite des myRIO(Abb. 3.1.3) befindet sich der MSP und die beiden Audio-Ports.

MSP = MiniSystems Port



Abb. 3.1.3 rechte Seite

Auf der Vorderseite des myRIO's (Abb.3.1.4) kann man folgende Anschlüsse sehen. Die Programmierschnittstelle, den Powersupply und den USB-Port, um den myRIO z.B. mit einem HUB zu erweitern, einen USB-Stick anzuschließen oder andere Erweiterunghardware.



Abb. 3.1.4 vordere Seite

Hier zu sehen ist die Rückseite des myRIO's (Abb. 3.1.5) mit den programmierbaren Knopf und dem WPS-Knopf.





Wie auf den ersten Blick zuerkennen ist, wird das empfindliche Innere von einem soliden Kunststoff-Hardcover gegen äußere Einflüsse geschützt.

Wie auf dem Bild mit dem Anschluss für ein Netzteil zuerkennen ist kann der myRIO mit verschiedenen Spannungen arbeiten(versorgt werden). Der myRIO benötigt eine Gleichspannung im Bereich von 6-16V DC und nimmt im Standby typischerweise 2,6W auf. Maximal werden 14W benötigt, je nach dem, wie viele Ausgänge und Eingänge gleichzeitig verarbeitet werden müssen und natürlich in Abhängigkeit der aktuellen CPU-"Belastung".

3.1.1. Autarke Real-Time Anwendungen

An dieser Stelle wird lediglich die Erstellung erwähnt und wie die Verwendung fürs Projekt später.

Die Kernfunktion des myRio Mikrocontroller ist es das Programm autark fortlaufend auszuführen.

Für die ersten Versuche empfiehlt es sich, Anwendungen erst einmal ohne standalone Eigenschaften zu testen und zu simulieren.

Ist die Funktionalität des Programms stabil, so lässt sich das Programm mit den nachfolgenden Schritten zu einer standalone (autarke Real-Time) Anwendung konvertieren. Der myRio führt dann das Programm nach dem Start selbstständig aus.

Wichtig ist hierbei, dass es ein VI geben muss, in dem sich die Hauptschleife befindet.

Die nachfolgenden Bilder zeigen die Vorgehensweise zur Erstellung einer autarken Real-Time Anwendung (Abb 3.1.1.1 bis 3.1.1.8):



3: Eintragen der zu startenden VI.

Hier muss das VI mit der entsprechenden Hauptschleife eingetragen werden. Und im unteren Feld "immer enthalten" werden die SubVI aufgeführt.



4: Herausnehmen der Fehlercode Dateien aus der erstellten Ordner Struktur auf dem myRIO um Speicherplatz zu sparen.



5: Vorschau der Ordnerstruktur die auf den myRIO angelegt werden soll.

Abb. 3.1.1.5

Erstellen OK Abbrechen Hilfe

×

6: Deklariere die Real-time App als erstes auszuführendes Programm



7: Senden der Realtime Anwendung auf den myRIO Speicher



Abb. 3.1.1.7

8: Der myRIO muss neugestartet werden damit die Änderungen funktionell werden.

Nachdem der myRIO hochgefahren ist wird das Programm automatisch gestartet und so lange ausgeführt bis die Hauptschleife gestoppt wird.



3.1.2. myRIO System Steuerung

Über die Systemsteuerung (Abb 3.1.2.1) lassen sich grundlegende Einstellungen tätigen. In die Einstellung kommt man in dem man die IP-Adresse (Bei USB Verbindung: 172.22.11.2 ; Bei einer Verbindung als Access Point: 172.16.0.1) des myRIO's über den Browser aufruft.Grundlegend lassen sich hier unterschiedliche Einstellungen vornehmen.

NI-myRIO-1900-0305d365 : NI-Systemkonfigurator					
	Suchen	Speichern Aktualisieren			
	myRIO-1900 NI-myRIO-1900-0305d365	Einstellungen			
	myRIO-1900 RIOO	Name // Portbindung // dev/ttyUSB0			
	ASRL1::INSTR ASRL1::INSTR	Status Vorhanden VISA-Ressourcenname ASRL3::INSTR			
	ASRL2::INSTR ASRL2::INSTR	Porteinstellungen			
	ASRL3::INSTR ASRL3::INSTR	Baudrate 9600			
1		Parität Keine			
		Ablaufsteuerung Keine			

Abb. 3.1.2.1 myRIO Systemsteuerung

Hier einmal die wichtigsten Menüpunkte (Abb 3.1.2.2 bis 3.1.2.4): Startseite



Auf dieser Seite bekommt man einen Überblick über die angeschlossene Hardware und Statusinformationen der entsprechenden Komponenten.

Abb. 3.1.2.2

Netzwerkeinstellungen



In diesem Menüpunkt können Sie Einstellungen zur Netzwerkverbindung vornehmen. Beispielsweise ist es dort möglich den myRIO mit einem WLAN Netzwerk zu verbinden oder ein WLAN Access Point zu erstellen.

Abb. 3.1.2.3 Datei Explorer



Unter diesem Menüpunkt haben Sie die Möglichkeit auf das Filesystem des Mikrocontrollers zuzugreifen. Sie können dort Dateien kopieren, ausschneiden und einfügen. Dies sollte aber nicht unüberlegt vorgenommen werden, da man Zugriff auf wichtige Programmdateien hat.

Abb. 3.1.2.4
3.2. Kompaktes Wettersensorsystem

3.2.1. Die Hardwareauswahl / Verknüpfungen von Hard-und Software

Da der NI myRIO die Grundlage eines Projektes darstellt, beginnt hier an dieser Stelle erst die richtige Hardwareauswahl. Also ein bestehendes Produkt/Objekt benötigt eine spezielle Lösung, welche zu erarbeiten ist. Dabei müssen gewünschte Zielvorgaben erreicht werden. Die so konstruierte Situation stellt in der Praxis das alltägliche "Problem" dar. Nach abgeschlossener Themenfindung konnte mit der richtigen Auswahl der übrigen Hardware begonnen werden. Es wurden verschiedene Angebote eingeholt. Dabei wurden die Preise sowie die technischen Daten der Wetterstationen miteinander verglichen(Abb. 3.2.1.1). Im direkten Vergleich wiesen alle Produkte ähnlich gute Eigenschaften der Genauigkeit der Daten und der Erfassung auf. Die verschiedenen Kompaktsensoren waren darüber hinaus mit der gleichen Widerstandsfähigkeit gegen alle möglichen klimatischen Bedingungen über einen längeren Zeitraum geeignet. Ein besonderes Augenmerk bei der Auswahl haben wurde dabei auf die Schnittstellen gelegt, die von der Wetterstation bereit gestellt wurden.

Hersteller	Thies CLIMA	Thies CLIMA	Thies CLIMA	Lufft	VAISALA
Produkt	CLIMA SENSOR D	Wetterstation COMPACT WSC11	CLIMA SENSOR US	Kompaktwetterstation WS700-UMB	WXT520 Weather Transmitter
Datenausgabe digital		· ·		:	:
Schnittstelle	RS 422/485	RS485	RS485 / RS422	RS485	SDI-12, RS232, RS485, RS422, USB-Adapter
Baudrate	9600	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200	1200 921600		
Ausgabe	8N1	Halb-Duplex-Modus, Dateiformat 8N1	Momentanwerte, Mittelwerte	2-Draht, halbduplex	
Ausgaberate	1Hz		10 0,1 Hz		
Protokoll	ASCII	Thies, MODBUS RTU	ASCII (Thies-Format) MODBUS RTU	UMB-ASCII	
Datenasugabe analog		2		2	
Ausgänge			0 10 V galvanisch von Versorgung entkoppelt		
Ausgabe			Momentanwerte, Mittelwerte		
Aktualisierung			10 msec		
Auflösung			16 bit		
Besonderheiten	5 Wetterdaten	11 Wetterdaten	8 analoge/ 10digitale Wetterdaten	8 Wetterdaten	6 Wetterdaten
Preis	732,60 €	651,50 €	1.850,50 €	2.250,00 €	2.576,00 €

Abb. 3.2.1.1 Vergleich der Wettermesssysteme

Die Entscheidung fiel auf die Wetterstation "CLIMA SENSOR US"(Abb. 3.2.1.2) von der Firma "Thies Clima". (Aufbau, Fakten, techn.Beschreinbungen im nächsten Abschnitt.) Eine Besonderheit an dieser Wetterstation ist, dass sie sowohl analoge Ausgangssignale liefert als auch einen Seriellen Datenstring.

Ein weiterer ausschlaggebender Grund für die Entscheidung für genau diese Station war, dass im Vergleich zu anderen Produkten(bzw. Herstellern) relativ viel an Dokumentation schon für die breite Öffentlichkeit zugänglich war. Durch diese zusätzlichen Informationen konnte der Arbeitsaufwand und Umfang sowie Komplexität besser im Vorfeld abgeschätzt werden.

Was auch auffällt, ist die hohe Anzahl an Datenpunkten, was natürlich die Wahl positiv beeinflusst.

Die Anzahl der Datenpunkte im Zusammenspiel mit den verschiedenen

Ausgabemöglichkeiten scheint den höheren Preis im Vergleich zu den anderen Produkten dieses Herstellers zu rechtfertigen.

Alle gesammelten Informationen und angestellten Vergleiche führten zu der Auswahl des "CLIMA SENSOR US" als bestmögliche Lösung.



Abb. 3.2.1.2 der Clima Sensors US und eine List der von ihm direkt bereitgestellten Daten.

Zusätzlich können durch diese Daten noch weitere Aussagen getroffen werden ,wenn diese gebraucht oder verlangt werden. Unter anderem sind z.B. die Größen Windchill-Temperatur, Hitze-Index-Temperatur, absolute Feuchte sowie auch die Taupunkttemperatur berechenbar.

3.2.2. Allgemeine technische Daten des Kompakt-Wettersensors:

Im Folgenden werden alle allgemeinen elektrotechnischen Anschlussdaten aufgelistet, sowie die technische Baugröße des Multisensormesssytem(Abb3.2.2.1).

Busbetrieb	bis 99 Geräte
Betriebsspannung	6 40 V DC oder 10 28 V AC 50 Hz / 60 Hz
Heizung	24 V AC/DC, 15 VA
elektr. Anschluss	19-pol. Stecker
Gehäuse	Kunststoff, UV-stabilisiert, schlagfest, witterungsbeständig
Schutzart	IP67
Abmessung	Ø 150 x 220/175 mm
Montageart	Mastrohr R1½" (Ø 48,3 mm)
Gewicht	ca. 900g
Temperaturbereich	-40+70°C







Abb3.2.2.1 Technische Zeichnung des Clima Sensors US

Bei Projektfortschritt konnte festgestellt werden, dass die Übermittlung über die USB-Schnittstelle des mitgelieferten Umsetzers sich als besonders günstig erwies. Der Hardwareaufwand konnte dadurch sehr begrenzt werden. Der dadurch gelieferte String musste intern verarbeitet werden.

Im nachfolgenden Abschnitt befindet sich eine Auflistung aller Sensormodule nach Messgrößen mit den wesentlichen spezifizierenden Parametern.

Windgeschwindigkeit						
Messbereich	0,01 m/s60 m/s Skalierung des Analogausgangs frei wählbar					
Genauigkeit	≤ 5 m/s:	± 0,3 m/s (rms - Mittel über 360°)				
	560m/s:	± 3 % vom Messwert (rms - Mittel über 360°)				
Auflösung	0,1 m/s:	in den Telegrammen 1, 2, 3, 5, 6				
	0,01 m/s:	im Telegramm 14				
Windrichtung						
Messbereich	0360°					
Genauigkeit	± 2,0° bei WG	> 2 m/s				
Auflösung	1°:	in den Telegrammen 1, 2, 3, 4, 6				
	0,1°:	in den Telegrammen 5, 14				
Virtuell Temperatur						
Messbereich	-40°C +80°C	2				
Genauigkeit	± 0.5 K					
Auflösung	0,1 K					
	- ,					
Luft-Temperatur						
Messbereich	-40°C+80°C	C				
Genauigkeit	± 0,3 K @ 25°C, +-1,0 K über -40°C …+80°C					
Auflösung	0,1 K					
Langzeitstabilität	< 0,04 K pro Jahr					
Luft-Feuchte, relativ						
Messbereich	0%100%re	lative Feuchte				
Genauigkeit	± 1,8% von 10%90%, ± 3,0% von 0%100%					
Langzeitstabilität	< 0,5% pro Jahr					
Auflösung	0,1%					
Luftdruck						
Messbereich	300 hPa11	00 hPa				
Genauigkeit	± 0,25 hPa be	i +10…+35°C				
	± 1 hPa bei -2	0+60°C				
Auflösung	0,1 hPa					
Langzeitstabilität	< ± 1 hPa pro	Jahr				

Helligkeit

Messbereich	1 Lux150 kLux
Genauigkeit	3% vom relativen Messwert
Auflösung	ca. 0,3% vom Messwert

Niederschlags Messbereiche:

Intensität	0,001 mm/h 999 mm/h
Auflösung Intensität	0,001 mm/h
Summe 24 Stunden	0,01 mm 999 mm
Auflösung Summe	0,01 mm
Tropfengrößen	0,25 mm bis 5,0mm darüber Hagel
Genauigkeit bei Regen	bei 95% der Niederschläge Abweichungen kleiner als 15%
	gegenüber Thies Laser-Niederschlags-Monitor (Referenz)
Niederschlagsarten	Regen, Schnee, Schneeregen, Eiskörner, Hagel

3.2.3. Messtechnik im Clima Sensor US

(Hinweis:Beschreibungen über die Messprinzipien, dem Aufbau und die Telegrammtabelle wurden der beiliegenden Dokumentation entnommen und unverändert zur Ergänzung mit eingefügt.) [Quelle: <u>http://www.thiesclima.com/</u> Es handelt sich um ein nicht komplett öffentliches Dokument. <u>Hier</u> ein Link zur verwendeten Version.]

Windmessung:

"Das Windgeschwindigkeits-Messmodul des "CLIMA SENSOR US" besteht aus 4 Ultraschall-Wandlern, von denen sich jeweils 2 Wandler über einen Reflektor gegenüberstehen. Die dadurch gebildeten zwei Messstrecken stehen senkrecht zueinander. Die Wandler fungieren sowohl als Schallsender als auch als Schallempfänger. Über die Steuerungselektronik wird die jeweilige Messstrecke und deren Messrichtung angewählt. Mit dem Start einer Messung läuft eine Sequenz von 4 Einzelmessungen in alle 4 Richtungen der Messstrecken in einem Basis-Messtakt von einer Millisekunde ab.

Die Messrichtungen (Schallausbreitungsrichtungen) laufen im Uhrzeigersinn rotierend. Aus den 4 Einzelmessungen der Streckenrichtungen werden Mittelwerte gebildet und zur weiteren Berechnung verwendet.

Die benötigte Zeit für eine Messsequenz beträgt bei der maximalen Messgeschwindigkeit exakt 10,0 Millisekunden (8ms Messsequenz+2ms Auswertung)."

Messprinzip: Windgeschwindigkeit und Richtung

"Der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls in ruhender Luft überlagert sich die Geschwindigkeitskomponente einer Luftbewegung in Windrichtung. Eine Windgeschwindigkeitskomponente in Ausbreitungsrichtung des Schalls unterstützt dessen Ausbreitungsgeschwindigkeit, führt somit zu einer Erhöhung derselben. Eine Windgeschwindigkeitskomponente entgegen der Ausbreitungsrichtung führt dagegen zu einer Verringerung der Ausbreitungsgeschwindigkeit.

Die aus der Überlagerung resultierende Ausbreitungsgeschwindigkeit führt zu unterschiedlichen Laufzeiten des Schalls bei unterschiedlichen Windgeschwindigkeiten und Richtungen über eine feststehende Messstrecke."

"Da die Schallgeschwindigkeit stark von der Temperatur der Luft abhängig ist, wird die Laufzeit des Schalls auf jede der beiden Messstrecken in beide Richtungen gemessen. Dadurch kann der Einfluss der Temperatur auf das Messergebnis ausgeschaltet werden. Durch die Anordnung zweier senkrecht aufeinander stehender Messstrecken erhält man den Betrag und Winkel des Windgeschwindigkeitsvektors in Form von rechtwinkligen Komponenten. Nach Messung der rechtwinkligen Geschwindigkeitskomponenten, werden diese anschließend durch den μ-Prozessor des CLIMA SENSOR US in Polarkoordinaten transformiert und als Betrag und Winkel der Windgeschwindigkeit ausgegeben." <u>Gleitende Mittelwertbildung der Windgeschwindigkeit und Windrichtung nach</u> <u>WMO-Empfehlungen:</u>

"Die Wind-Messwerte können über einen Zeitraum von bis zu 10 Minuten auf Basis der 100-Millisekunden Messwerte gleitend gemittelt werden. Diese Mittelung erfolgt auf Empfehlung der WMO nach dem FIFO-Verfahren. Das heißt, dass alle Messwerte bis zum Ablauf der Mittelungszeit im Speicher gehalten werden. Ein Messwert-Ausreisser kann damit als solcher erkannt werden und führt im Gegensatz zu einer Mittelung 1. Ordnung nicht zu einem Ausschleichen seines Einflusses über einen längeren Zeitraum."



Abb. 3.2.3.1

Messprinzip: Akustische Virtuell Temperatur

"Der thermodynamische Zusammenhang zwischen der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalls und der absoluten Lufttemperatur ist über eine Wurzelfunktion definiert. Die Schallgeschwindigkeit ist außerdem annähernd unabhängig vom Luftdruck und nur geringfügig abhängig von der absoluten Luftfeuchte.

Dieser physikalische Zusammenhang zwischen Schallgeschwindigkeit und Temperatur kann für eine Temperaturmessung der Luft genutzt werden, solange deren chemische Zusammensetzung bekannt und konstant ist. Die Anteile der Gase in unserer Atmosphäre sind konstant und ändern sich mit Ausnahme des Wasserdampfgehaltes selbst über längere Zeiträume höchstens im Bereich von einigen 100 ppm (CO2).

Die Bestimmung der Gastemperatur über seine Schallgeschwindigkeit erfolgt direkt aus der Messung dessen physikalischer Eigenschaften ohne den Umweg, der sonst notwendigen thermischen Kopplung, des Gases zu einem Temperatursensor."

Anmerkung:

"Auf Grund von Erwärmung des Gerätes durch Sonneneinstrahlung oder Heizungsaktivität kann dieser Messwert speziell bei niedrigen Windgeschwindigkeiten nur bedingt als realer Messwert angesehen werden."

Temperatur und Feuchtemessung:

*"Die Temperatur und Feuchtemessung erfolgt über einen integrierten Hygro-Thermosensor mit I*²*C* Schnittstelle. Die Leistungsaufnahme des Sensors ist selbst im aktiven Messbetrieb so gering, dass praktisch keine eigene Verlustleistung des Sensors dessen Temperatur messbar erhöht. Der Hygro-Thermosensor wird durch ein Miniaturgehäuse mit diffusionsoffener Membran gegen eindringendes Wasser geschützt. Aufgrund des winzigen Luftaustauschvolumens reagiert der Sensor im Sekundenbereich auf Änderungen der Luft-Feuchte.

Der Sensor befindet sich auf einer steckbaren Leiterplatte, geschützt durch einen Wetterund Strahlungsschutz, und liefert daher auch unter Sonneneinstrahlung genaue Werte der Lufttemperatur und –Feuchte."

Luftdruck:

"Der Luftdruck wird über einen MEMS- Sensor, basierend auf piezo-resistiver Technologie, gemessen und über eine I2C Schnittstelle ausgegeben.

Der Sensor befindet sich auf der steckbaren Leiterplatte, auf der auch der Hygro-Thermosensornuntergebracht ist. Auch der Luftdrucksensor wird durch ein Schutzelement mit diffusionsoffener Membran gegen eindringendes Wasser geschützt."

Helligkeit:

"Die Helligkeitsmessung erfolgt über 4 einzelne Helligkeitssensoren, welche in die 4 Himmelsrichtungen schauend, im Deckel des Gerätes als SMD- Bauteile aufgelötet und unter einem Elevationswinkel von 50° aus der Leiterplattenebene nach oben gekippt sind. Der Elevationswinkel von 40° entspricht dem mittleren vertikalen Sonnenstand (Tag-Nacht Gleiche) in unseren Breiten.

Zur sinnvollen Abbildung der Intensitätsdynamik der Helligkeit über 5 Zehnerpotenzen geben die Sensoren einen logarithmisch von der Helligkeit abhängigen Ausgangsstrom aus. Dieser Strommesswert wird über einen AD- Wandler in einen digitalen Messwert gewandelt, über die CPU als digitaler Wert weiterverarbeitet und im Telegramm oder als analoger linearer

Messwert in einem vorwählbaren Messwertebereich ausgegeben."

Niederschlag:

"Zur Niederschlagserkennung und Bestimmung der Intensität wird ein Doppler-Radar-Modul eingesetzt. Dieses Radar-Modul arbeitet auf einer international dafür vorgesehenen und freigegebenen Frequenz mit einer abgestrahlten Hochfrequenz-Leistung von wenigen Milliwatt. Das Radar-Modul befindet sich auf der Leiterplatten-Oberseite im Deckel des Gerätes (wie die Helligkeitssensoren) und wird durch einen optisch und elektromagnetisch transparenten Deckel vor Umwelteinflüssen geschützt. Die Sende- und Empfangsantenne schaut senkrecht nach oben, dem Niederschlag entgegen."

Messprinzip Niederschlag:

"Das Doppler-Radar sendet eine sehr kleine (mW Bereich) elektromagnetische Leistung über ein Sendeantennen-Array aus. Ein Empfangsantennen-Array empfängt sowohl das ausgesendete Signal, als auch das durch kleinste Partikel oder Tröpfchen reflektierte Signal. Durch die Mischung des ausgesendeten Signals mit dem Rückgestreuten wird im Falle eines Frequenzunterschiedes zwischen Sende- und Empfangssignal die Differenzfrequenz der beiden erzeugt.

Diese Differenzfrequenz ist ein genaues Maß für die Geschwindigkeit, mit der sich das Teilchen relativ auf das Doppler-Radar-Modul zu oder weg bewegt.

Die Fallgeschwindigkeit von Regentropfen ist grob genähert wurzelförmig vom Durchmesser des Tropfens abhängig (Gunn und Kinzer 1949).

Über den genauen Zusammenhang zwischen Fallgeschwindigkeit und Tropfendurchmesser, bzw. Volumen können die Einzelvolumen und damit die Regenintensität aufgrund der Häufigkeit und Frequenz der Dopplerfrequenzen errechnet werden."

Niederschlagart (synoptisch verschlüsselt):

"Aus den Messwerten: Fallgeschwindigkeit, Intensität, Temperatur und Feuchte kann näherungsweise die Niederschlagsart ermittelt werden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Schlüssel der erkennbaren Niederschlagsarten in Anlehnung an die für automatischen Stationen gültige Synop Tabelle 4680, VuB Band D Nachtrag 6:"

Synop-Schlüssel w _a w _a	Bedeutung
0	kein Niederschlag
40	Niederschlag vorhanden
51	leichter Niesel
52	mäßiger Niesel
53	starker Niesel
61	leichter Regen
62	mäßiger Regen
63	starker Regen
67	leichter Regen und oder Niesel mit Schnee
68	mäßiger Regen und oder Niesel mit Schnee
70	Schnee
71	leichter Schnee
72	mäßiger Schnee
73	starker Schnee
74	Eiskörner
89	starker Hagel

Abb. 3.2.3.2 Synop Schlüssel Tabelle

3.2.4. Daten Telegramm

Telegramm 6 (von Seite 65)

Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Temperatur, relative Feuchte, Luftdruck, Helligkeit, -Richtung, Niederschlags- Status, Intensität und Tagessumme mit GPS-Position und Uhrzeit

Befehl: TR6 / Befehl: TT6 (voreingestellt mit DT=6, s. a. Befehl DT und OP=0, s.a. Befehl OP)

1			1	
Pos.	Länge	Beispiel	Beschreibung	Messwertfehler
1	1	<stx></stx>	Start of Text Zeichen (HEX 02)	<stx></stx>
2	5	###.#	Windgeschwindigkeit Einheit [m/s], s. Befehl OS	###.#
7	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
8	3	###	Windrichtung [°]	###
11	1	· · ·	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
12	5	###.#	Temperatur [°C]	###.#
17	1	· · ·	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
18	3	###	relative Feuchte [%]	###
21	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
22	3	###.#	Luftdruck [hPa]	###.#
28	1	· · ·	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
29	6	######	Helligkeit Nord [lux]	######
35	1	,,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
36	6	######	Helligkeit Ost [lux]	######
42	1	· · ·	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
43	6	######	Helligkeit Süd [lux]	######
49	1	,,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
50	6	######	Helligkeit West [lux]	#######
56	1	,,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
57	6	######	Helligkeit Maxwert/vektorielle Summe [lux] (s. Befehl BO)	#######
63	1	,,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
64	3	###	Richtung der Helligkeit [°]	###
67	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,

Telegrammaufbau

68	1	#	Niederschlagsereignis [0/1]	#
69	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
70	7	###.###	Niederschlagsintensität [mm/h]	###.###
77	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
78	6	###.##	Niederschlagssumme [mm/d]	###.##
84	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
85	2	##	Synop (Tabelle 1, Kapitel 3.5.2)	##
87	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
88	10	###.#####	Breitengrad [°] (GPS-Position)	###.#####
98	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
99	11	###.##### #	Längengrad [°] (GPS-Position)	###.######
110	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
111	4	####	Höhe des Sensors bezogen auf Meereshöhe [m]	####
115	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
116	5	###.#	Sonnenstand, Elevation [°] (- 90°+90°=Zenith)	###.#
121	1	3 3	Leerzeichen (HEX 20)	3.3
122	5	###.#	Sonnenstand, Azimut [°] (0° = Nord ; 180° = Süd)	###.#
127	1	,,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
128	8	##.##.##	Datum, Tag.Monat.Jahr (dd.mm.yy)	##.##.##
136	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
137	8	##:##:##	Uhrzeit, Stunde:Minute:Sekunde (hh:mm:ss)	##:##:##
145	1	, ,	Leerzeichen (HEX 20)	, ,
146	1	*	Stern (Markierung für nachfolgende Checksumme)	*
147	2	сс	Checksumme (XOR)	СС
149	1	<cr></cr>	Carriage Return (HEX 0D)	<cr></cr>
150	1	<etx></etx>	End of Text Zeichen (HEX 03)	<etx></etx>

Abb. 3.2.4.1

3.2.5. Energieversorgung

Der Kompaktsensor "Clima Sensor US" kam mit einer mitgelieferten Einheit zur Energieversorgung(Abb. 3.2.5.1), diese besitzt bereits ein eigenes Gehäuse, welche für die weitere Projektierung berücksichtigt werden muss.

Die Implementierung der Spannungsversorgung konnte ohne größere Schwierigkeiten gelöst werden, da der Hersteller hier keine vollintegrierte Lösung mit einer Platine oder gar einer eingegossenen Blackbox vorsah. Beim Öffnen wurde festgestellt, dass alle Komponenten auf einer Hutschiene angebracht waren.



Abb. 3.2.5.1 Die mitgelieferte Spannungsversorgung.

Die Wetterstation benötigt zum Betrieb eine Spannungsversorgung im Bereich von 6 ... 40 V DC oder 10 ... 28 V AC 50 Hz / 60 Hz.

Hier wird über den linkseitigen Transformator eine Wechselspannung von 230V (AC 50Hz) in eine Wechselspannung von 24V (AC 50Hz) umgesetzt. Da neben befindet sich eine Feinschmelz-Sicherung, diese sichert gegen einen höheren Strom als den Nennstrom von 1,25A ab.

Es werden 30VA(=24V*1,25A) zur Verfügung gestellt. Der "Clima Sensor US" benötigt bei einem Betrieb mit 24V ungefähr 50mA. Das entspricht einer typischen Energieaufnahme von 1,2VA. Jedoch werden bei 24V Versorgung für den Betrieb mit Deckelheizung typischerweise 25VA benötigt, was die wesentlich höhere Menge an bereitgestellter Energie erklärt.

3.2.6. Kommunikationstechnik

Zur Kommunikation der Wetterstation mit dem myRIO wird der Standard RS-422 genutzt. Hierbei wird durch die Wetterstation eine leitungsgebundene, differentielle und serielle Datenübertragung über 5 Adern bereitgestellt. Zu beachten ist, dass der RS-422, lediglich gewisse elektrische Eigenschaften spezifiziert und keine einheitliche Belegung von Pins vorschreibt oder Varianten nennt. Es ist als Referenz für darauf aufbauende Schnittstellen gedacht.

Jeder Gerätehersteller kann sich diese Referenz nehmen und sie als Grundlage seiner eigenen Schnittstelle nutzen. Die Hersteller eines Gerätes müssen deshalb eine gute Dokumentation bereit stellen, um die Pinbelegung der Adern sowie die Funktionsweise der Kommunikation eindeutig zu beschreiben.

Die nachfolgende Darstellung(Abb. 3.2.6.1) zeigt die schematisch die Verbindung zwischen Sensor und Schnittstellen Adapter an.

Der Mikrocontroller ist über eine USB Verbindung (a) Mit dem Schnittstellenadapter verbunden. Der Adapter bildet die Verbindung zum Sensor (b).



Abb. 3.2.6.1 Das Bild zeigt den Weg der Kommunikationsverbindung. Hardwaretechnisch befindet sich zwischen dem Schnittstelle-Adapter noch die Energieversorgung und die Klemmleistenabgriffe.

Die Energieversorgungseinheit samt Klemmen dient unter anderem als Verbindung zwischen Wetterkompaktsensor und dem folgenden Modul, welches eine Wandlung ermöglicht. Das ganze System wurde mit einem Schnittstellenmodul ausgeliefert. Dieses ermöglicht die Daten via USB-Schnittstelle an den myRIO weiterzugeben.



Abb. 3.2.6.2 Der hier gezeigt Adapter entspricht, technisch wie visuell, dem verbauten Produkt, aber ist von einem anderen Hersteller/Lieferanten.

Weitere Daten können dem Link zu dem dargestellten Referenzprodukt entnommen werden im Bereich Quellen.

Der Adapter(Abb. 3.2.6.2) ermöglicht verschiedene Arten der Kommunikation. Er wurde auf den Einsatz im Vollduplexbetrieb eingestellt, mit den im linken Bild zu sehenden Schalter. Der "Clima Sensor US" ist Werkmässig auf Vollduplexbetrieb. Alternativ ist auch ein Halbduplexbetrieb möglich.

In der Dokumentation des Herstellers wird beschrieben wie man den "Parameter DM" ändern kann um in den Halbduplex oder in eine zweite Vollduplexart zu wechseln.

Besonders wichtig war es folgende Einstellung am Schalter des Schnittstellenwandlers vorzunehmen(Abb. 3.2.6.3).



Vollduplex

Halbduplex

Abb. 3.2.6.3 Einstellungen für den Voll- und Halbduplexbetrieb des Schnittstellenwandlers.

3.2.7. Der Belegungsplan mit einem 16-poligen Kabel



Abb. 3.2.7.1 Der Belegungplan aller von Firma Thies mitgelieferten Produkte(Wetterkompaktsensor, Versorgungseinheit und Schnittstellenwandler). Der Plan musste in zwei Bilder getrennt werden , um alles in vernünftiger Qualität darzustellen.

Die vorangegangenen Bilder(Abb. 3.2.7.1) zeigen detailliert alle Belegungen, sowie den Anschluss der seriellen RS-422 Schnittstelle.

Diese Anschlüsse sind aber im Schaltschrank so ausgeführt, dass man jederzeit auf diese Zugriff hat und ohne ziehen einer neuen Leitung die Daten direkt über die Klemmen beziehen kann.

An der Stelle des im Plan gekennzeichneten Notebooks/PC ist in der myRIO angebracht.

3.3. Schaltschrank bzw. weitere Hardware-Auswahl

Ziel dieses Arbeitschrittes war es einen autarken Schaltschrank(Abb. 3.2.1) zu schaffen mit allen wichtigen Schnittstellen zur Kommunikation, Energieversorgung sowie den Schutz vor allen Umwelteinflüssen.

Zu diesem Zeitpunkt lag bereits der Wetterkompaktsensor inklusive Schnittstellenmodul und Energieversorgung vor. Aufgrund dieser Tatsache konnte sehr gut geplant werden, welche Module in den Schaltschrank müssen und was darüber hinaus benötigt werden würde.

Die Planung sah vor, dass die Schnittstellen sowie die Versorgungeinheit demontiert wird. Die Klemmen, die Sicherung sowie der Transformator sind auf der Hutschiene moniert worden.



Abb. 3.3.1 Fibox

Diese Vorgehensweise erspart zusätzliche Klemmen und ein weiteres Leitungsende. Eine andere Option wäre es gewesen das Modul inklusive seines Gehäuse auf die Hutschiene zu bringen. Diese Vorgehensweise wäre aber wenig praktikabel, da unnötig viel Platz verschwendet und die Befestigung erschwert werden würde.

Als nächstes wurde die Energieversorgung realisiert. Über Reihenklemmen wird die Spannungsversorgung 230V AC 50Hz gewährleistet.

Die Versorgung des myRIOs geschied über ein 15Watt-Netzteil.

Die ausgegebene Spannung konnte durch eine interne Beschaltung angepasst werden (mit max.12V DC und max.1,25A). Dieses Netzteil sollte auf der Primärseite mit einer Feinsicherung vor thermischer Überlast geschützt werden. Die Sekundärseite wurde bereits intern vom Netzteil überwacht. Zum Anschluss an den myRIO wird ein entsprechender Niedervolt-Stecker verwendet.



Abb. 3.3.2 Technische Baugrößen aus der Original Dokumentation des myRIO.

Leider war in der Originaldokumentation(Abb. 3.3.2) nicht die wichtigen Größen des elektrischen Verbinders gegeben sondern des umschließenden Trägermaterials. So konnten aber durch Messungen der zwei in Frage kommenden Stecker ermittelt werden. Zwei Stecker, da es diese Sorte von Steckverbindern bei gleichem Außendurchmesser mit verschiedenen Innendurchmessern gab und das Innere dazu auch noch verjüngt.

Wie bereits erwähnt kann der myRIO bis zu 14W elektrische Leistung aufnehmen, daher sollte man das ihn versorgende Netzteil stets etwas größer ausgelegt werden. Das 15 Watt Netzteil wurde auf Grund der kompakten Bauform ausgewählt.

Da nicht alle Ports des myRIO gebraucht werden, es keine Echtzeitberechnungen (Realisierung von Regelung) oder ähnliche energieintensiven Operationen ausgeführt werden bleibt die bezogende Leistung stets gering.

Zu dem bisher beschrieben Bauteilen, welche alle auf der Hutschiene Platz finden, wurde der myRIO im Schaltkrank, gut sichtbar hinter der Glasscheibe aufgehängt. Auch die Status LEDs sind so gut zu erkennen.

Realisiert wurde dies, auf der linken Innenseite des Schaltschranks über die Dreipunktaufhängung des myRIO's. Neben dem myRIO sollte eine freie Fläche bleiben für eventuelle Erweiterungen.

Mit fortschreiten des Projekts wurde diese Installation um das Schnittstellenmodul(RS484/422 zu USB) und einen USB-Hub erweitert.

Für diesen Teil befindet sich eine ausführliche Bestelliste im Anhang. Über Hyperlinks können weitere Informationen vom Händler direkt bezogen werden.

Im nachfolgenden Bild ist der Aufbau(Abb. 3.3.3) des inneren Schaltranks, welches bisher lediglich beschrieben wurde, vereinfacht dargestellt.

Zu erkennen sind dabei alle Verbindungen der Bauteile zueinander sowie deren Lage.





Legende

- 1. myRIO
- 2.USB-Hub
- 3.USB-Stick bzw Massenspeichermedium
- 4.Schnittstellenadapter
- 5.12V DC Netzteil
- 6.24V AC Spannungsversorgung inklusive Klemmverbindung zum Sensor
- 7.Spannungsunterverteilungsklemmen
- 8. Feinsicherung für den das 12V DC Netzteil
- 9.Sensor Anschlussleitung
- 10. Anschluss zu Energieversorgung
- 11.Hutschiene
- 12.Montage-Stahlplatte(fest im Schaltschrank montiert)

LogiLink. UA0174A Terest General Lengenstakks 2.4879 Eristerstate Å NI myRIO USB-COMI-SI-M 0 3 2 1 000000

Hier nochmal ein Blick in den Schaltschrank nach der Montage.

Abb. 3.3.4 Schaltschrank von Innen

3.4. Gesamter Messaufbau und Montage

Da sich das Projekt zentral um eine Wetterstation dreht war es erforderlich, dass ein Platz auf dem Hochschulgelände gefunden wird der folgende Eigenschaften aufweist: -sicher gestellte Stromversorgung

-mögliche Netzwerkkonnektivität oder Erweiterbarkeit

-ein Ort sicher vor Vandalismus und Minderung des Gefahrenpotenzials durch Dritte

-ein Platz der ganzjährig, egal bei welchem Sonnenstand, nicht durch Schatten umliegender Gebäude beeinflusst wird

-kein Windschatten

-keine größeren bewegten Gegenstände in unmittelbarer Umgebung

-keine Bestrahlung durch Lichtquellen oder Spiegelungen

-Anbringung in geeigneter Höhe, um Messfehler durch die Distanz zum Boden zu vermeiden

Ein Platz konnte recht schnell ausfindig gemacht werden, da ein altes nicht mehr verwendetes Versuchsfeld für wetterttechnische Aufzeichnung genutzt werden konnte. Der Platz ist auf dem Campus an folgender Stelle zu finden(Abb. 3.4.1 und Abb. 3.4.2).





Abb. 3.4.1 Lageplan auf dem Hochschulgelände (roter Punkt).

Das Versuchsfeld ist eingezäunt und bietet entsprechenden Schutz. Zudem befindet sich von der ausgedienten Wettertechnik noch ein Mast in der Mitte des Versuchfeldes mit einer für die Wetterstation passenden Aufnahme an einem Ausleger.

Die Sicherstellung der Energieversorgung erfolgt über die Unterverteilung an einem Container, der sich in unmittelbarer Umgebung zum Versuchsfeld befindet.

Dies ist die ideale Stelle, um vor Ort Änderungen am Programm vorzunehmen, direkt einzuspielen und Daten zu erfassen.

In Folgeprojekten könnte die noch nicht ausreichende Netzwerkverbindung aufgebaut werden.

Hier eine Vergrößerung des Lageplanes.





Nach dem der Ort feststand, musste geplant werden wie die Komponenten ideal befestigt können und wie ein Energieversorgung des Schaltschranks gewährleistet werden kann.

Dazu entstanden folgende prinzipielle Skizzen(Abb. 3.4.3 und Abb. 3.4.4):



Abb. 3.4.3 Skizze des Gesamtaufbaus.



Abb. 3.4.4 Skizze der Mastmontage.

Die Schienen wurden im Vorfeld auf die richtige Länge gebracht und entgratet. Das in der Skizze gezeigte Gestell wurde, vor der Montage am Mast, an den Schaltschrank montiert.

Am Versuchsfeld

Die "Fibox" (Herstellerbezeichnung des Schaltkastens) wurde mit Hilfe des gezeigten Gestells sowie zwei Schneckengewinde-Schellen am Mast montiert. Als nächstes wurde das Drahtseil, welches die mechanische Belastung bzw. das Durchhängen von der Zuleitung abwendet vom Mast zum Container gespannt.

Der Montagepunkt für das Drahtseil am Mast war in der gleichen Höhe wie schon bestehende Drahtseile, welche den Mast sichern. Dadurch kann das Drahtseil ordentlich gespannt werden ohne zu befürchten, dass der Mast unter der zusätzlichen Belastungen verbiegt, da eine Gegenkraft durch die bestehende Verankerung aufgebracht werden könnte.

Um das Drahtseil an dieser Stelle zu befestigen, wurde eine Mastschelle, an welcher eine Gewindeöse verschraubt war verwendet.

An besagter Gewindeöse wurde mit dem Drahtseil eine Schlaufe gemacht und diese durch die Drahtseilklemme fest geklemmt.

Die andere Seite des Drahtseils wurde auf dem Container in einer Öse der Eckbeschläge (typischer Eckenausführung an einem Container) ebenfalls durch eine Drahtseilklemme befestigt.

Hier wurde von der geplanten Befestigung abgewichen, da diese nicht so guten Halt bieten würde, scharfe Scheuerkanten eine Gefahr darstellten und diese möglicherweise auch nur temporär zur Verfügung stehen könnte (Unterbau für eine bestehende Altanlage).

Als nächster Schritt wurde nun der "Clima Sensor US" mittels seiner Verschraubung am Fuß auf dem Ausleger des Mastes montiert(Abb. 3.4.5).

Anschließend wurde das Sensorkabel, welches schon im Schaltschrank eingeführt und aufgelegt war, am "Clima Sensor US" montiert.

Das Kabel wurde mit Kabelbinder am Mast, sowie Ausleger befestigt, übrig gebliebene Meter wurden zu einem Ring gerollt und hinter den Schaltschrank gehangen. Beide Enden sind jeweils zugentlastet montiert worden.



Abb. 3.4.5 Montage des Clima Sensors US.

Zum Anschluss an den Unterverteiler neben dem Container wurde ein Verlängerungskabel genutzt. Durch Einführung der Steckerseite in die Unterverteilung wurde die Schutzklasse erhöht. Das Kabel wurde nun über den Container geführt und über das Drahtseil hin zum Mast. Kabelbinder wurden rund alle 50cm zur Befestigung eingesetzt.

Die Gummi-Verlängerung wurde ebenfalls am Mast herunter geführt und mit Kabelbinder befestigt, übrige Meter verschwanden hinter den Schaltschrank in einem gerollten Ring. Die Kupplung an dieser Seite wurde mittels Kraftseitenschneider abgetrennt.

Das Kabel konnte nun über die PG-Verschraubungen in den Schaltschrank eingeführt werden. Das Kabelende wurde entsprechend konfektioniert (Abmanteln, Abisolieren, Verdrillen) und auf die Federzugklemmen aufgelegt. Auch hier wurden beide Enden zugentlastet verlegt.

Zu diesem Zeitpunkt war die Software, welche nachfolgend eingehend erläutert wird, schon einsatzbereit. Also konnte der USB-HUB mit einem Massenspeichermedium ausgestattet und die Spannung am Unterverteiler zugeschaltet werden. So dass die Wetterstation augenblicklich ihren Dienst aufnahm und mit der Aufzeichnung der Wetterdaten begann.

Um eine einfache und schnelle Methode zur Wartung, Programmierung und Datensicherung zu gewähren wurde der myRIO im Vorfeld so konfiguriert, dass er einen Access-Point bereitstellt. Der Zugang über das WLAN wurde mit einem Passwort gegen Zugriff Dritter geschützt.

Über einen entsprechend konfigurierten Server-Dienst auf dem myRIO ist es daher möglich die gespeicherten Wetterdaten auszulesen, zu kopieren, zu verschieben oder auch Ordner anzulegen ohne den direkten Zugang ins Versuchsfeld.

Für die Montage der Wetterstation im Versuchsfeld wurden diverse Kleinigkeiten gebraucht. Die Sachen wurden nicht in einer extra Bestelliste zusammengefasst, da alles im Baumarkt nach Bedarf gekauft wurde. Hier nun einige Bilder des hardware-technischen Endproduktes am Aufstellort(Abb. 3.4.6 und Abb. 3.4.7).



Abb. 3.4.6 Der Schaltschrank inklusive des Thies Gerätes im ersten Bild sowie der Schaltschrank am Mast im zweiten Bild.

Die einprogrammierten LEDs des myRIO sind vor Ort aufgrund der Ausrichtung weg von der Sonne auch außerhalb der Umzäunung erkennbar. Dies ermöglicht schon fast im vorbei gehen zu sehen, ob die Station einwandfrei läuft und ob Sie Daten erfasst hat, sowie diese auf dem USB-Stick ablegt.



Abb. 3.4.7 Wetterstation inklusive der Energieversorgung über das Verlängerungskabel

4. Software

Im Rahmen der Projektarbeit mit der Wetterstation wurden unterschiedliche Anforderungen an die softwareseitige Verarbeitung der gemessenen Daten gestellt. Da die Wetterstation die Daten in Form eines Telegramms übergibt, stellte die Aufschlüsselung dieses Telegramms die erste zu lösende Aufgabe dar. Anschließend werden die Daten aufbereitet und auf ein Massenspeichermedium geschrieben.

Darüber hinaus wurden die Möglichkeiten des myRIOs beleuchtet, um die erhobenen Wetterdaten in einem Netzwerk zur Verfügung zu stellen und zu diesem Zweck mit dem myRIO ein WLAN Access Point eingerichtet. Die erhobenen Wetterdaten können nun jederzeit über eine HTML Seite vom myRIO auf einen Laptop oder PC übertragen und mit dem CSV Viewer ausgewertet weden. Über die von dem myRIO bereitgestellte HTML-Seite sind jederzeit aktuelle Wetterdaten einsehbar.

In den nachfolgenden Abschnitten folgt eine detaillierte Beschreibung des Programms, der verwendeten Module und der seriellen Kommunikation zwischen dem myRIO und der Wetterstation.



4.1. Hauptschleife

Abb.4.1.1 Hauptschleife

In der LabView Programmierumgebungen werden einzelne Programmteile und Funktionsblöcke in so genannte Virtuelle Instrumenten (VI) dargestellt. So besteht auch das Programm zur Aufbereitung der Wetterdaten aus einer Hauptschleife (MainVI) und vielen kleinen Nebenschleifen (SubVI).

Die Hauptschleife besteht im Wesentlichen aus einer Flat Sequence, welche das Programm in drei Teilsegmente teilt. Zu diesen gehört die Initialisierung (1), die Hauptschleife (2) und das Schließen der Anwendung (3).

Die Struktur der Flat Sequence erinnert an eine Filmrolle, welche von links nach rechts abgespielt wird, dadurch werden die einzelnen Schritte nacheinander abgearbeitet. In der Initialisierungsspalte werden sämtliche Variablen, Arrays und Cluster für die spätere Benutzung initialisiert. Im mittleren Teil befindet sich die Hauptschleife, sie ist eine While-Schleife in welcher der überwiegende Teil der Programmfunktion im Sekundentakt aufgerufen wird. Zur Beendigung der Schleife können verschiedene Bedingungen führen z.B. das betätigen des STOP-Buttons am myRIO oder eine Fehlermeldung der aufgerufenen Funktion. Wird die Schleife beendet, geht das Programm in die dritte Sequenz über, in dieser werden nun alle Ausgänge des myRIO's zurückgesetzt und gegebenenfalls die Fehler ausgegeben.

Eine nähere Betrachtung der Hauptschleife zeigt, dass in ihr Sechs so genannte SubVIs, also Unterprogramme aufgerufen werden. Jedes dieser Unterprogramme übernimmt verschiedene Aufgaben und erzeugt dabei Daten, die anhand der eingezeichneten Linien weitergegeben werden. So wird z.B. der im SubVI "Seriell_Lesen..." erzeugte String [pinke Linie] über das SubVI "Build_Cluster" an das SubVI "Build_Cluster_Array" weitergeleitet.



Abb. 4.1.2

Diese drei SubVIs wurden vom Programmierer erstellt. Die anderen SubVIs entstammen der Library von LabView oder myRIO und ermöglichen damit z.B. eine einfache Ansteuerung der LEDs des myRIO's. An dieser Stelle wird die LED zur Funktionsüberwachung, bei jedem Aufruf der Hauptschleife ein- und ausgeschaltet. SubVIs dienen im Allgemeinen der Übersichtlichkeit und der Modularität.

4.2. Serielle Kommunikation

Über die USB Schnittstelle ist der myRIO mit der RS-422 Schnittstelle der Wetterstation verbunden. Die Wetterstation sendet im Sekundentakt ASCII Code ein entsprechendes Telegramm mit allen Messwerten. Für eine saubere Auswertung der Messdaten muss dieses Telegramm fehlerfrei und in voller Länge vom myRIO gelesen werden. Um prüfen zu können ob das Telegramm vollständig ist müssen wesentliche Eigenschaften des Telegramms bekannt sein. Abbildung 4.2.1 zeigt den grundlegend Aufbau des Telegramms.

<stx></stx>	Messwert 1	,	Messwert 2	,	Messwert n	• •	*	сс	<cr></cr>	<etx></etx>
Start of TeXt Zeichen (HEX 02)						Leerzeichen	Stern	Checksumme (XOR)	Carriage Return (HEX 0D)	End of TeXt Zeichen (HEX 03)

Abb. 4.2.1 Telegramm Aufbau

Wichtig ist hierbei, dass das Telegramm mit einem Startzeichen (Hex 02) beginnt und mit einer konstanten Zeichenlänge von 150 Zeichen mit einem Endetzeichen (Hex 03) endet. Diese Eigenschaften werden später dafür verwendet um den fehlerfreien Empfang des Telegramms zu prüfen.

Zur Einbindung und Auswertung der seriellen Schnittstelle mit dem myRIO sind grundlegend vier Funktionen (Abb 4.2.2 bis 4.2.5) nötig:

- A) Konfigurieren/Initialisieren der Schnittstelle
- B) Fehlerfreies auslesen der Daten und Umwandlung in eine String Variable
- C) Leeren des Puffers
- D) Beenden/Schließen der Schnittstelle



A) Konfigurieren/Initialisieren der Schnittstelle:

Für die Erstellung einer seriellen Schnittstelle benötigt man den aufgeführten in Abb. 4.2.6

Funktionsblock. An diesen muss als erstes eingestellt werden welche Schnittstelle verwendet

wird (a).

Hier wird" ASRL3::INSTR" gewählt da es sich um eine externe serielle Schnittstelle handelt. Die Schnittstellen ASRL1 und ASRL2 sind interne Schnittstellen und können direkt über die Pins des myRIO's belegt werden.



Da der Adapter für die serielle Schnittstelle per USB angeschlossen wird, ist die Einstellung

"ASRL3" nur dann verfügbar wenn die Schnittstelle bereits von dem

myRIO erkannt wurde.

Man kann über die Systemsteuerung des myRIO bereits sehen ob die Schnittstelle für den Programmaufruf erkannt wurde.

Für eine fehlerfreie Kommunikation ist die

Einstellung der Baudrate nötig (b), sie bestimmt die Übertragungsgeschwindigkeit und die

Synchronisation der Daten.

Die Wetterstation sendet mit einer Baudrate von 9600 Symbole pro Sekunde.

Des Weiteren wird an diesem Baustein das Endzeichen festgelegt (c). Im Telegramm ist es

das ASCII Zeichen HEX 03. Die Eingabe des Zeichens muss Hexadezimal erfolgen. Als Ausgang des Blockes erhält man dann die serielle Schnittstelle (2) die symbolisch über eine Rosa gestrichelte Linie zu den Weiterverarbeitenden Blöcken geführt werden kann. Die Fehlerleitung (1) wird durch den Block hindurchgeschleift sollte es beim Erstellen der Schnittstelle zu einem Fehler kommen wird dieser über diese Leitung an die nachfolgenden Blöcke übergeben.



Abb. 4.2.7 myRIO System Steuerung

B) Fehlerfreies Auslesen der Daten und Umwandlung in eine String - Variable

Zur besseren Darstellung wurde die Umwandlung in String Variable in ein Sub VI (Abb 4.2.8) eingebettet.

Diese hat folgende Ein- und Ausgänge:

- (1) Fehlereingang sowie Ausgang
- (2) Eingang der seriellen Schnittstelle Ausgang der seriellen Schnittstelle
- (3) Ausgelesene String Variable







Abb. 4.2.9 geöffnetes Sub VI "Seriell_LesenOhneError"

In dem Sub VI (Abb 4.2.9) befinden sich zwei für das Auslesen der Daten erforderliche Bausteine. Der erste Baustein dient zur Festlegung der Größe des Empfangspuffers(a). Da bekannt ist das die Länge des Telegramms 150 Zeichen beträgt kann hier entsprechend 150 als Puffergröße angenommen werden.

Der zweite Baustein (b) wandelt nun die empfangenen Daten in eine Stringvariable um. Da es bei diesem Vorgang zu Synchronisationsfehlern kommt d.h. die ausgelesenen Daten sind

nicht vollständig oder fehlerhaft, ist es erforderlich die empfangenen Daten auf unterschiedliche Kriterien zu prüfen. Dies erfolgt in den nachgeschalteten Bausteinen.

Als erstes wird die Stringlänge geprüft (I). Ist die Länge nicht 150 Zeichen so wird der Auslesevorgang wiederholt.



Als zweites Kriterium dient das Anfangszeichen HEX 02 ist dieses Zeichen nicht an der ersten Position enthalten, so wird auch hier der Auslesevorgang erneut ausgeführt. Das letzte Kriterium prüft die Kommunikation auf den Fehler "-1073807252" (III). Dieser Fehler tritt immer dann auf wenn kein Ende Zeichen empfangen wurde und die Kommunikation somit abgebrochen ist.

Es wäre möglich auch hier noch weitere Kriterien zu implementieren doch das führt dazu, dass das Auslesen etwas mehr Zeit benötigt.

Da das Programm erst weiter ausgeführt wird wenn der String allen Kriterien gerecht wird sollten möglichst ausschlaggebende Kriterien gewählt werden.

Grundlegend ist zu sagen, dass dieser Baustein dafür sorgt, dass die empfangenen Daten fehlerfrei in ein String übertragen werden und für die weitere Verarbeitung bereitstellt.

C) Leeren des Puffers

Nachdem nun die Daten erfolgreich ausgelesen worden kann der Empfangspuffer geleert werden. Dieses erfolgt mit dem

nebenstehenden (Abb 4.2.11) Baustein. Dies sorgt dafür dass wieder genügend Ressourcen für weitere Aktionen zur Verfügung stehen. Die serielle Verbindung wird durch diesen Baustein durchgeschleift (2). Auch die Fehlerleitung wird durch den Baustein hin durchgeführt (1).



D) Beenden/Schließen der Schnittstelle

Am Ende des Programms muss die serielle Schnittstelle geschlossen werden dieses erfolgt mit dem nebenstehenden (Abb 4.2.12) Baustein. Als Eingang hat dieser Baustein lediglich die serielle Schnittstelle (2) und als Ausgang eine Fehlerleitung (1).

Die Beendigung der Schnittstelle sollte nur dann erfolgen wenn man diese im Programm nicht noch einmal benötigt.



4.3. Stringverarbeitung und Clusterbildung

Nachdem das Datentelegramm der Wetterstation erkannt und in einen String gewandelt wurde, müssen nun die einzelnen Messdaten voneinander separiert und der Übersicht halber in Clustern gebündelt werden. Außerdem werden die einzelnen Messungen in einem Array zwischengespeichert, bis sie in eine CSV-Datei geschrieben werden. Dabei war zu beachten, dass dieser Schreibevorgang regelmäßig ausgeführt und das Array dabei geleert wird.

Zu diesem Zweck wurden die SubVIs, welche im folgenden Abschnitt erläutert werden, entworfen.

4.3.1. Build_Cluster



Abb. 4.3.1.1

Dieses SubVI (Abb 4.3.1.1) dient der Übersichtlichkeit, es werden die gemessenen Werte der Wetterstation zu einem Cluster gebündelt. In diesen Baustein hinein geht einmal ein leeres initialisiertes Cluster (b) und der empfangende Datenstring (a), nach der Verarbeitung kommt der gefüllte Cluster (c) heraus.

Cluster gruppieren Variablen mit unterschiedlichen Datentyp in diesem Fall 21 verschiedene Messwerte. In der Hauptschleife kann der Datenpfad dieses Clusters mit einer einzelnen Linie visualisiert werden.

4.3.2. Build_Cluster_Array



Abb. 4.3.2.1

Das Unterprogramm "Build_Cluster_Array" (Abb 4.3.2.1) stapelt die Cluster der einzelnen Messung und erstellt daraus ein Array. Die neuen Messdaten gehen in Form eines Clusters in den Baustein



herein(a). Das bereits bestehende Array (b), welches entweder schon mit Messdaten gefüllt ist oder gerade in der Initialisierungs-Sequenz erzeugt wurde, wird ebenfalls in den Baustein geleitet. Nach dem Aufruf des Bausteins wurde das Array um einen Cluster von Messwerten erhöht (c).

Sobald das Array eine Größe von zehn verschiedenen Messungen erreicht hat, werden die Daten in dem SubVI "Write_Data_to_USB" (d) weiterverarbeitet und das Cluster-Array wieder geleert. Dieser Schreibevorgang wird über eine LED (e) am myRIO sichtbar gemacht.



Abb. 4.3.2.2

Im Inneren des SubVIs "Build_Cluster_Array" stellt es sich dann wie folgt dar: In dem rot eingekreisten Bereich (f) wird die Größe des Arrays überprüft und in Abhängigkeit von der Größe entschieden ob, dass Array nochmal um eine Cluster von Messwerten vergrößert (h) oder die Daten auf den USB-Stick geschrieben (d) und das Array geleert (g) werden soll.


Abb. 4.3.2.3

4.3.3. Cluster_Array_to_2D-Array

In diesem SubVI wird der Datentyp des Cluster-Arrays (a) aus zehn Elementen zum Weiterverarbeiten in ein mehrdimensionales Array (b) umgewandelt.





4.3.4. Write_Data_to_USB



Abb. 4.3.4.1

In dieser SubVI wird das übergebene Array bestehend aus zehn Messwerten auf dem USB-Stick gespeichert. Wird keine bestehende CSV-Datei auf dem Speichermedium gefunden, so wird diese erstellt und mit den Daten gefüllt. Andernfalls werden die Daten unten an die bestehende Liste der Messwerte angehängt.

Benutzt werden dazu verschiedene Funktion der LabView Library, so liefert der Funktionsblock "Get Volume Info" (a) Information über die Größe des USB-Speichers und der noch freien Kapazität.

a.) List Folder

Abb. 4.3.4.2

Der Block "List Folder" (b) gibt den Dateipfad und die Namen der Dateien in einem Verzeichnis zurück.



Abb. 4.3.4.3

"Build Path" (c) erstellt nun in der bestehenden Ordnerstruktur ein neues Verzeichnis und die CSV-Datei, in welcher die Daten mit dem Funktionsblock "Write Delimited Spredsheet" (d) geschrieben werden.

An dieser Stelle wird ein Vorteil, der Arbeit mit LabView deutlich, denn mit Hilfe von diesen vorgefertigten Funktionsblöcken konnte sehr viel Programmieraufwand eingespart werden.



Abb. 4.3.4.4



4.4. Sonstige Funktion

4.4.1. Beschriftung

Diese Funktion versieht die Daten mit einer Beschriftung. Da für jeden Monat eine neue Datei angelegt wird, muss auch die Beschriftung monatlich erneut angelegt werden. Außerdem wird bei Neustart des myRios eine Beschriftung angelegt. In der Beschriftung enthalten sind zu dem die Einheiten in einer für den CSV-Viewer lesbaren Syntax (Genauere Beschreibung siehe "6 Auswertung der Messwerte mit CSV-Viewer").

Die Beschriftungs-SubVI besteht im wesentlichen aus einer Vergleichsoperation, welche einen Beschriftungsvorgang auslöst, wenn sich der Monat geändert hat. Darüber hinaus wird an dieser Stelle auch der Dateiname dem entsprechenden Monat zugeordnet.



Auschnitt zeigt die Vergleichsoperanten

Abb 4.4.1.



4.4.2. Min-/Maxwerte

Abb 4.4.1.

Diese Funktion ermöglicht es die Tages maximal und minimal Werte zu ermitteln. Diese können dann auf der vom myRio zur Verfügung gestellten Webseite zur Anzeige gebraucht werden.

Dazu werden die einzelnen Werte in einem Array gespeichert und mit der Max&Min Funktion von Labview verglichen, bricht ein neuer Tag an werden die Arrays geleert. Bisher geschieht dies z.B. für die Windgeschwindigkeit.

4.5. Darstellung der Messwerte auf einer HTML Seite

Zur Bereitstellung der Daten im Netzwerk und zum leichteren herunterladen von gespeicherten Wetterdaten stellt der myRIO eine HTML-Seite zur Verfügung.

	2 Hochschule Magdeburg • Stendal	Kontakt I Standorte I Presse	
	^{Menu} Wetterdaten herrunterladen	Explorer	
h	Reve		atr.
(TAN)	Aktuelle Wetterdaten		
1 1	Datum: 16.06.2016		
	Uhrzeit: 15:02:12		
	Tempertur: 22,2°C		1
al and	relative Feuchte: 44%		
	Luftdruck: 1020,2 hPa		
Colorador -	Windgeschwindigkeit: 0,6 m/s		
California a Dervice of Ca	Niederschlagsintensität: 0,0 mm/h		-
	Niederschlagssumme: 0,0 mm/Tag		
	Helligkeit: 106380 Lux		2



Die HTML-Seite ist an dem Design der Hochschule angelehnt und ist sowohl über den Desktop PC (Abb 4.4.1) als auch über mobile Geräte (Abb 4.4.2) erreichbar.

Über das Menü erreicht man den Punkt "Wetterdaten herunterladen" dort ist es möglich die einzelnen .csv Dateien des jeweiligen Monats herunterzuladen.

Erreichbar ist diese HTML-Seite unter folgender Adresse:

http://<IP des myRIO>/files/home/lvuser/natinst/bin/index.html

Ist der myRIO als Access Point eingerichtet so lautet die Adresse:

http://172.16.0.1/files/home/lvuser/natinst/bin/index.html

Danach folgt eine Abfrage des Benutzernamens und Passwort.

Benutzername: admin Passwort: myrio

(Es können jederzeit in der myRIO Systemsteuerung weitere Benutzer angelegt werden)



Abb. 4.4.2

4.5.1. Realisierung der HTML-Seite in LabVIEW

Die Erstellung der HTML-Seite wird mithilfe des Sub VI "Daten_to_Html" realisiert.

Abbildung 4.4.1.1 Zeit den Aufruf des Sub VI in der Hauptschleife.

HTM Abb 4.4.1.1

Als Eingang des Bausteins muss das Cluster mit den gemessenen Wetterdaten eingeführt werden.

Leider war es nicht möglich einen realen Webserver mit dem myRIO aufzusetzen deshalb

musste zur Realisierung eine Manipulation eine HTML-Seite herangezogen werden.

Um auf der Seite
immer die aktuellen
Wetterdaten
darstellen zu können
muss ein gewisser
Teil der HTML-Seite
von dem myRIO
regelmäßig verändert
werden.

html <html lang="de"> <html <html="" lan<="" lang="de" th=""><th>statischer Kopf</th></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html></html>	statischer Kopf
Datum: 16.06.2016] dvnamisch
Uhrzeit: 15:02:12	erzeugte Daten
Tempertur: 22,2°C]
•••	-
	statisches
	Ende
Abb 4 5 1 2	-

Dafür wurde die

HTML-Seite in drei Blöcke unterteilt einen Kopf und Ende Teil die unverändert bleiben, sowie einen dynamischen teil der regelmäßig vom myRIO verändert wird. Abbildung 4.4.1.2 zeigt den schematischen Aufbau der HTML-Seite.

Um diese Funktionalität umzusetzen sind in LabVIEW lediglich drei wichtige Bausteine zu verwenden. Abbildung 4.4.1.3 zeigt einen Ausschnitt des Sub VI "Daten to Html".



Eingang des Sub VI's es ist wie bereits erwähnt das Cluster mit den aktuellen Wetterdaten, diese wird durch den Baustein (a) Nachnamen aufgeschlüsselt.

Elementare Bausteine für die Erstellung der HTML-Datei sind zum einen der Baustein (b) "Pfad erstellen" und der Baustein (c) "In Textdatei schreiben".

Der Baustein "Pfad erstellen" erzeugt einen Pfad an dem die später erzeugte Datei gespeichert wird. Es muss ein Grundpfad eingegeben werden und ein entsprechender Dateinamen. Abbildung 4.4.1.4 zeigt eine Detailansicht es Bausteins



Abb 4.5.1.4 Baustein (b) "Pfad erstellen"

Als Grundpfad muss in unserem Fall ein Verzeichnis gewählt werden, welches sowohl lese als auch Schreibrechte hat. Es wurde das Verzeichnis "home/lvuser/natinst/bin/" gewählt, da es ein Standardverzeichnis des myRIO's ist und über die benötigten Berechtigungen verfügt. Als Dateiname wurde index.html gewählt.

Mithilfe des Bausteins "In Textdatei schreiben" wird die HTML Datei erzeugt. Es ist erforderlich dem Dateipfad anzugeben (Ausgang des Baustein "Pfad erstellen") sowie den Text der in die Datei geschrieben werden soll. Abbildung 4.4.1.5 zeigt eine Detailansicht



Abb 4.5.1.5 Baustein (c) "In Textdatei schreiben"

Der Text wird nun mit Hilfe des Bausteins "Strings verknüpfen" (Abbildung 4.4.1.3 mit d) gekennzeichnet) aus dem Kopf Teil, Ende Teil sowie den dynamischen Teil (den Messwerten mit Einheit und Beschriftung) zusammen gesetzt und den Baustein "In Textdatei schreiben" hineingeführt. Abbildung 4.4.1.6 zeigt eine Detailansicht des "Strings verknüpfen" Bausteins.



Abb 4.5.1.6 Baustein (d) "Strings verknüpfen"

Durch die Verknüpfung aller drei Teile entsteht eine vollständige HTML Seite die vom Browser interpretiert werden kann. Diese Seite wird alle 10 Sekunden aktualisiert und enthält immer die aktuell gemessenen Werte.

5. Erste Messdaten

Die Erfassung der Wetterdaten erfolgt bei jedem Aufruf der Hauptschleife, in ersten Feldversuchen wurden damit die Daten im Sekundentakt erfasst. Für einen Funktionstest war diese Konfiguration praktikabel, jededoch nicht für eine längerfristige Wetterbeobachtung. So entstanden in einem Zeitraum von 14 Tagen mehr als 1 Million Einträge mit je 21 Messwerten. Die daraus resultierende Datei hat eine Größe von 104 MB und lässt sich nur noch schwerlich Auswerten.

Mittlerweile werden die Daten im Minutentakt aufgezeichnet. Damit reduzieren sich die erfassten Daten zu einer handlicheren Menge, nach jeder erfolgten Messung werden diese Daten auf den Massendatenspeicher übertragen. Jeden Monat wird eine neue Datei auf dem Massenspeicher angelegt, die Daten sind somit aufgetrennt nach Monaten mit Hilfe des CSV-Viewers auswertbar.

Eine grobe Auswertung der Daten in Form eines graphischen Verlaufs über den Zeitraum von zwei Wochen war dennoch möglich jedoch wurde zu Gunsten der Übersichtlichkeit auf die Beschriftung der Zeitachse verzichtet. Exemplarisch werden im Folgendem die Verläufe für die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit dargestellt.

5.1. Luftfeuchtigkeit

Die Betrachtung der Luftfeuchtigkeit erlaubt einen Rückschluss auf den Tagesrhythmus während des Messszeitraums. Am Tag lag die Luftfeuchtigkeit zwischen 40-60% und in der Nacht stieg Sie auf deutlich höhere Werte im Bereich von 70-90%.



5.2. Temperatur

Bei der Betrachtung des Temperaturverlaufs lassen sich ebenfalls einzelne Tage erkennen. Entgegen der Erwartung zeigt der Temperaturverlauf in der Nacht keine negativen Werte, sondern kleine Temperatur Erhöhungen, dabei handelt es sich vermutlich um einen Fehler bei der Verarbeitung von negativen Messwerten. Somit belaufen sich die erfassten Werte zwischen 0°C und 11°C.



Die Überlagerung der beiden Messwerte zeigt die Korrelation zwischen der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit (Temperatur = Rot, Luftfeuchtigkeit = Blau).



6. Auswertung der Messwerte mit CSV-Viewer

Der CSV-Viewer dient zum grafischen Darstellen von Werteverläufen in tabellarischen CSV Dateien. Das Programm ist sehr einfach gehalten und ermöglicht es bis zu 25 Messwerte gleichzeitig darzustellen. Anders als die Auswertung mit Excel erfolgt nach dem Öffnen der Datei automatisch die Darstellung in einem Graphen.

Das Programm kann direkt aufgerufen werden (es ist keine Installation notwendig), dann eine Datei über "Datei->öffnen" ausgewählt werden, oder es kann die beabsichtigte Dateiendung (z.B. "csv") im Explorer mit dem Programm verknüpft werden.

6.1. Benutzeroberfläche und Navigation

Die Benutzeroberfläche besteht aus vier grundsätzlichen Elementen dem Diagrammbereich, der Zeitachsenbeschriftung, der Legende und den Rollknöpfen.(siehe Abbildung 6.1.1)



Abb. 6.1.1

Die Navigation über die graphische Darstellung erfolgt am einfachsten über entsprechende Tastenkürzel. Nachfolgend sind die wichtigsten Tasten Kombinationen zum einfachen navigieren aufgeführt:

Ein- und Ausblenden von Messwerten:

Durch **Doppelklick** auf einen Legendeneintrag wird dieser ein/ausgeschaltet

Durch Anklicken eines Legendeneintrags wird der zugehörige Graph fett hervorgehoben, diese

Markierung kann Markieren eines anderen, durch nochmalige Klicken des gleichen Eintrags wieder aufgehoben werden.

Messwert an einen Punkt anzeigen:

Wenn der **Mauszeiger über der Diagrammfläche** bewegt wird, werden in der Statuszeile (Abb 6.1.2) die Koordinaten des Mauszeigers, entsprechend der Skalierung des Diagramms angezeigt

09.05.2010, 15:36:35 --> Wert = 3.017945 Abb. 6.1.2

Verschieben:

- Pfeil links oder rechts: ein kleiner Schritt;
- <Strg>- Pfeil links oder rechts: ein großer Schritt;
- Pfeil hoch oder runter: Diagramm vertikal um ein Zehntel der Höhe (Siehe Offset);
- <Umschalt>-Pfeil links: zurück zur vorherigen Ansicht, auch möglich über Rechtsklick->Zurück; maximal 256 vorherige Ansichten werden gespeichert;

Wie viele Sekunden mit einem großen oder kleinen Schritt übersprungen werden, ist unter "Extras->Einstellungen" einstellbar

Zoomen:

- +: Horizontale Vergrößerung (Hineinzoomen in die Zeitachse)
- -: Horizontale Verkleinerung (Herauszoomen aus der Zeitachse)
- h : Vertikales vergrößern (Vergrößerung der x-Achsen werte)
- **n** : Vertikales verkleinern (Verkleinerung der x-Achsen Werte)

6.2. Format Vorschriften für die CSV-Datei

Für die richtige Interpretation der Messwerte ist es erforderlich sich an gewisse Formate der csv. Datei zu halten.

Grundlegend besteht die Datei aus einem Tabellenkopf in der ersten Zeile sowie den Messwerten in den nachfolgenden Zeilen. Abbildung 6.2.1 zeigt schematisch den Aufbau der Datei.

Tabellenkopf				
1.	Messwert			
2.	Messwert			
n.	Messwert			

Abb. 6.2.1

Tabellenkopf:

Der Tabellenkopf bildet eine Schnittstelle zum Programm. In diesem werden die Eigenschaften der physikalischen Größen eingegeben. Ist der Tabellenkopf nicht vorhanden so lässt sich die Datei nicht öffnen. Die ersten beiden Einträge müssen **Datum** und **Zeit** benannt werden. Die einzelnen Spalten werden durch ein ; (Semikolon) getrennt.

Format für den Tabellenkopf:

Datum;Zeit;<Spalte1>;<Spalte2>;<Spalte3>; .. ;<SpalteN>

Format für <Spalte>:

<Phy. Größe>#<Farbe>#<Einblenden>#<Phy. Einheit>

- Phy. Größe: Namen der Größe z.B Außentemperatur
- Farbe: Farbe des Graph in HEX (kann auch freigelassen werden)
 Wird keine Farbe angegeben so wählt das Programm eigenständig eine
 Farbe
- Einblenden: 1 = Graph wird beim öffnen der Datei gezeichnet
 - 0 = Graph wird beim öffnen der Datei nicht gezeichnet
- Phy. Einheit: Name der Einheit z.B °C

Beispiel:

Außentemperatur#0000FF00#1#°C

Für unsere Anwendung der Wetterstation besteht der Tabellenkopf aus 19 Spalten. Nachfolgend ist der vollständige Tabellenkopf aufgeführt:

```
Datum;Zeit;relative Feuchte ##1#%;Windrichtung##1#°;
Niederschlagssumme##1#mm/tag;Niederschlagsintensität##1#mm/h;
Niederschlagsereignis;Sonnenstand Azimut##1#°;
Sonnenstand Elevation##1#°;Richtung der Helligkeit##1#°;
Helligkeit West ##1#Lux;Helligkeit Nord##1#Lux ;
Helligkeit Ost##1#Lux;Helligkeit Süd##1#Lux;
Helligkeit Maxwert/vektorielle Summe##1#Lux;
Windgeschwindigkeit##1#m/s;Temperatur##1#°C;Längengrad##0#°;
Höhe des Sensors##0#m;Breitengrad##0#°;Luftdruck##1#hPa
```

Messwerte:

Die Messwerte müssen zwingend in den ersten beiden Spalten Datum im Format "TT.MM.JJJJ" und Uhrzeit im Format "HH:MM" oder "HH:MM:SS" enthalten. Das Spaltentrennzeichen ist das Semikolon. Die Anzahl der Datenspalten ist nur begrenzt durch die maximale Zeilenlänge von 1400 Zeichen.

Die enthaltenen Messwerte können ganze oder gebrochene Zahlen enthalten. Hierbei ist darauf zu achten, dass zur Trennung der Nachkommastelle ein Komma (,) verwendet wird und keine Tausendertrennzeichen angewendet werden.

Nachfolgend ist ein Beispiel eines Messwertes wie er entsprechend dem Messintervall regelmäßig in die CSV Datei geschrieben wird.

07.06.2016;16:19:31; 36;164; 0,00;000,000;0;274,5;026,2;280; 21681; 50456; 7936; 14909; 50456;000,4;+27,1;+011,676315; 0052;+52,139446;1020,6

6.3. Beispielhafte Auswertung vom Wetterdaten vom Juni 2016



Abb. 6.3.1 CSV-Viewer mit Wetterdaten vom 13.06.16

Zu erkennen ist das am 13.Juni 2016 über den ganzen Tag eine sehr hohe relative Luftfeuchtigkeit vorherrschte. Diese befand sich zwischen 55% und 100%. Fast durchgehend lag diese aber über 80% wie in Abb. 6.3.1 zu erkennen ist. Lediglich zur Tagesmitte schwächt sich diese ab, da ein Regenschauer aufzog. Danach stieg die relative Luftfeuchtigkeit an.

Die Temperatur lag an diesem Tag im Mittel zwischen 17°C und 18°C. Gut zu erkennen ist hier der Verlauf von Tag und Nacht. Da es sich über die Nach hinweg abkühlte, zum Mittag stärker wieder erwärmte und zur Nacht wieder hin sich abkühlte. Der Einfluss des Regenschauers am Nachmittag durch einen kleinen Temperatureinbruch ist ebenfalls erkennbar.

In diesem Tag gab es ein Niederschlagsereignis, welches sich Nachmittags ereignete und kurzzeitig bis zu 58l/h erreichte. Dies stellt lediglich einen "Peak" da!

Das gesamte Ereignis dauerte ca. 30-45min an.

Es sind außerdem gut die Punkte zuerkennen an den es aus der Luft Feuchtigkeit zum Tag/Nacht-Wechsel bzw. Nacht/Tag-Wechsel auskondensiert (Tau).

Vergleich mit anderen aufzeichnenden Quellen:

Quelle1:

http://www.wetter.com/wetter_aktuell/rueckblick/?id=DE0006615



Abb. 6.3.2 Temperaturverlauf Juni 2016





Diese Wetterdaten dienen lediglich zur groben Abschätzung und Validierung der andere Quelle. Dabei muss darauf hinweisen werden das fundierte Wetterdaten mit freiem Zugang leider nicht zur Verfügung standen.

Vergleicht man nun die oben getroffenen Aussagen mit der Abb. 6.3.2 und der Abb. 6.3.3 mit dem mittleren Juni, dann lassen sich Ähnlichkeiten erkennen. Also bei Mittelung und groben Vergleich keine ungeklärten Daten hervorgerufen haben.

Quelle2:

http://www.wetteronline.de/wetterdaten/magdeburg?pcid=pc_rueckblick_data&gid=1 0361&pid=p_rueckblick_diagram&sid=StationHistory&iid=10361&month=06&year=2 016&period=4¶id=TNLD



Abb. 6.3.4 Tiefsttemperaturen im Juni 2016

Wetterstation Magdeburg



Abb. 6.3.5 Höchsttemperaturen im Juni 2016







Abb. 6.3.7 Relative Feuchte im Juni 2016

Beim Vergleich dieser etwas genaueren Daten aus den Diagrammen Abb. 6.3.4 und Abb. 6.3.5 mit den von der Wetterstation gesammelten Daten ist ein Temperaturbereich zwischen 13°C und 22°C zuerkennen. In besagtem Bereich befinden sich die generierten Daten. Berücksichtigt muss bei diesem sowie jedem anderen die lokalen Unterschied(Lage der jeweiligen Wetterstation), Messungenauigkeiten und den starken Rundungen bei den Online-Datensätzen.

Beim Vergleich der anderen beiden Abbildungen(Abb. 6.3.6 und Abb. 6.3.7) und den Daten von der Wetterstation bestätigt sich hier eine durchschnittliche relativen Luftfeuchtigkeit von 81% bei den Messungen, der Wetterstation.

Auch bei diesen Aufzeichnungen gibt es einen Vermerk über einen kleinen Schauer an diesem Tag, welcher gemittelt über den ganzen Tag eine Niederschlagsmenge von 3l/m² brachte. Dieser Werte ist aufgrund der stark wechselnde Niederschlagsmengen und des kurzen Zeitraumes in Abb. 6.3.1 durch aus realistisch. Desweiteren fließen auch hier die oben beschriebenen Faktoren mit ein.



Vergleich mit einer kompletten Aufzeichnung über zwei Wochen

Abb. 6.3.8 Relative Feuchte, Niederschlag und Temperatur vom 05.06.16 bis 20.06.16

Es handelte sich wie in der Abb. 6.3.8 in diesem Ausschnitt vom Juni um einen Monat der sich wie folgt gezeigt hat. Warme Tagestemperaturen von 28°C und mäßigen oder kühlen Nachttemperaturen von bis 10°C waren aufzuzeichnen. Die relative Luftfeuchtigkeit zeigt dabei nachts seine Höchstwerte mit zu 100% und tagsüber fielen die Werte bis auf bis zu 35%. Niederschlag gab es nur an einzelnen Tagen und meist in kurzen aber intensiven Schüben.

Als erstes betrachten wir den Temperatur-Verlauf des Juni(2016) aus Abb. 6.3.8 mit den Verläufen aus Abb. 6.3.4 und Abb. 6.3.5 wird die schwere Vergleichbarkeit erkennbar. Da es sich bei Abb. 6.3.8 um eine zeitlich genauere Auflösung handelt und bei den anderen Beispielen um Höchst- und Tiefstwerte des jeweiligen Tages. Dennoch lassen die Tiefstwerte am 10.06.16 und am 16.06.16 am ehesten eine Validierung der erhobenen Daten zu.

Auch beim Vergleich der relativen Luftfeuchtigkeit zeigen sich Schwierigkeiten beide Grafiken gleich zu setzen. Hier lässt sich aber auch ein gemeinsamer Tiefpunkt finden. Es handelt sich um den Samstag, den 11.06.2016, an dem die Werte lange Zeit sehr niedrig und bei minimal bei 35%.

Beim Niederschlag kann man aufgrund der zeitlich kurzen aber intensiven Niederschläge gute Vergleich anstellen. Diese "Peaks" lassen sich gut lokalisieren. So an folgenden Tagen im Juni 2016: 12(So),14(Di), 15(Mi),17(Fr). Die Ausschläge zeigen ähnliche Formen auf.



Abb. 6.3.9 über den Sonnenstand, Richtung der Helligkeit und



Sound localization in the coordinate system of the current camera

Abb. 6.3.10 Hinweis über Bedeutung von Azimut und Elevation an Hand einer Soundquelle

quelle:http://virchor.sourceforge.net/html/VC-FigSoundLocation.png

Die Abb. 6.3.9 liefert unter zur Hilfenamhe der Abb. 6.3.10 liefert Informationen über den Tagesverlauf der Sonne über den Azimut zeigt eindeutig die Wanderung der Sonne über den Tag von Ost nach West mit dem Blick nach Süden. Die Elevation zeigt hingegen die

Höhe der Sonne über den Tagesverlauf da. So ist immer zu um 12:00 der höchste Sonnenstand zu erkennen.

Die Richtung der Helligkeit zeigt hingegen den Verlauf der stärksten auf die Wetterstation wirkende Lichtquelle. Am 12.06 ist dabei der typische Tagesverlauf zu erkennen. Hingegen aber der 13.06 und der 14.06 zeigt starke Ausschläge am Tagesanfang und -ende könnte man zurück führen auf folgende Phänomene. Klare Himmel ohne Wolken können z.B. Spiegelungen an der Laborhalle oder anderen glatten Oberflächen bei tief stehender Sonne hervorrufen. Um diese These zu untermauern kann man nachfolgende Verlinkung nutzen. Dort werden Berechnung zum wahrscheinlichen Sonnenstand des jeweiligen Tages gezeigt und grafisch dargestellt. Dort wird die gleiche Einteilung bzw. Ausrichtung des Koordinatensystems wie an unserer Wetterstation verwendet.

Betrachtet man dort den 14.06.2016 gegen 5-6Uhr(siehe Abb. 6.3.11), dann lässt sich schnell erkennen, dass die Sonne nicht aus dem Winkel von 350° scheinen kann um diese Uhrzeit.



http://www.sonnenverlauf.de/#/52.1205,11.6276,11/2016.06.14/05:57/1

Abb. 6.3.11 Screenshot Sonnenverlauf am 14.06.2016

line land land line line

Link zur Berechnung des Sonnenverlaufs.

7. Anhang

7.1. Quellen und Literaturverzeichnis

LabView :

Die Herstellerseite des myRIO: <u>http://germany.ni.com/</u> Dokumentation des myRIO: <u>http://www.ni.com/product-documentation/14604/de/</u> Das Forum des Herstellers: <u>http://forums.ni.com/</u>

YouTube-Chanels die sich ausführlich mit LabView und dem myRIO beschäftigen: https://www.youtube.com/user/nationalinstruments https://www.youtube.com/user/ntspress https://de.wikipedia.org/wiki/LabVIEW

LabVIEW Online Handbuch: http://zone.ni.com/reference/de-XX/help/371361M-0113/

LabVIEW 2015 myRIO Toolkit Help http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/373925C-01/

Übersicht Boolesche Funktionen in LabVIEW : <u>http://zone.ni.com/reference/de-XX/help/371361H-0113/glang/boolean_functions/</u>

CSV-Viewer by Ingo Wendler:

http://www.gsl.net/dk7nt/csvviewer/csvviewer-ger.htm

Wetterstation:

http://www.thiesclima.com/ClimaSensorUS.html

Andere Quellen unter anderem auch Bildquellen:

Karte der Hochschule: https://www.hs-magdeburg.de/fileadmin/user_upload/Grafiken/Campusplan/Campus _Standort_Magdeburg.pdf USB-COMi-SI-M: http://www.coolgear.com/product/usb-to-optical-isolated-rs-422485-industrial-adapter

7.2. Bestellliste

vom 01.12.2015

Pos.	Was	Merkmale	Preis	Anzahl	Link	Gesamtpreis
1	Gehäuse/Schrank	400x300x210[LxBxH]; http://www.fibox.de/catalog/2389/product/ 9751/8120207_GER1.html	86,48 €	1	https://www.conrad.de/de/wand-geh aeuse-installations-gehaeuse-400-x- 300-x-210-polycarbonat-licht-grau-r al-7035-fibox-arca-403021w-1-st-13 69835.html	86,48 €
2	Verschraubung/Kabeldurchführ ung	Kabeldurchmesser 6 - 12mm; PG13.5 Polyamid Licht-Grau Wiska SKV PG 13,5 RAL 7035	0,72€	2	https://www.conrad.de/de/kabelvers chraubung-pg135-polyamid-licht-gra u-wiska-skv-pg-135-ral-7035-1-st-53 2243.html	1,44 €
3	Verschraubung/Kabeldurchführ ung	Kabeldurchmesser 3-6mm; Kabelverschraubung PG7 Polyamid Licht-Grau Wiska SKV PG 7 RAL 7035	0,64 €	2	https://www.conrad.de/de/kabelvers chraubung-pg7-polyamid-licht-grau- wiska-skv-pg-7-ral-7035-1-st-53223 9.html?sc.ref=Product%20Details	1,28€
4	Gegenmutter	PG7 Polyamid Licht-Grau Wiska MUG PG 7 RAL 7035	0,14€	2	https://www.conrad.de/de/gegenmut ter-pg7-polyamid-licht-grau-wiska-m ug-pg-7-ral-7035-1-st-532290.html? sc.ref=Product%20Details	0,28€
5	Gegenmutter	PG13.5 Polyamid Licht-Grau Wiska MUG PG 13,5 RAL 7035	0,16€	2	https://www.conrad.de/de/gegenmut ter-pg135-polyamid-licht-grau-wiska -mug-pg-135-ral-7035-1-st-532293. html?sc.ref=Product%20Details	0,32€
6	Hutschiene	gelocht Stahlblech (L x B x H) 2000 x 35 x 7.5 mm HellermannTyton DELTA3F-ST-GEL-WC	8,02€	1	https://www.conrad.de/de/hutschien e-gelocht-stahlblech-l-x-b-x-h-2000- x-35-x-75-mm-hellermanntyton-delta 3f-st-gel-wc-1-st-545703.html	8,02€
7	Abdeckung für Klemmleiste	PTI passend für: PTI 2,5 D-DTI 2,5 Phoenix Contact	0,42€	3	https://www.conrad.de/de/zubehoer- klemmen-pti-passend-fuer-pti-25-d- dti-25-phoenix-contact-inhalt-1-st-74 4783.html	1,26 €
8	Push-In Durchgangs-Installationsklemm e	PTI PTI 2,5 Phoenix Contact Grau	0,77€	5	https://www.conrad.de/de/push-in-d urchgangs-installationsklemme-pti-p ti-25-phoenix-contact-grau-inhalt-1-s t-747268.html	3,85€
9	Push-In Dreistock-Installationsklemmen	PTI PTI 2,5-PE/L/N Phoenix Contact Grau	2,56€	3	https://www.conrad.de/de/push-in-dr eistock-installationsklemmen-pti-pti- 25-pelnt-phoenix-contact-grau-inhalt -1-st-746897.html	7,68€
10	Abdeckung für Klemmleiste	Passend für: PTI 2,5-PE/L/NT, PTI 2,5-L/NT, PTI 2,5-L/LT, PTI 2,5-PE/L/L, PTI 2,5-PE/L/N, PTI 2,5-L, PTI 2,5-N, PTI 2,5-L/L, PTI	0,83€	4	https://www.conrad.de/de/zubehoer- klemmen-pti-passend-fuer-pti-25-pel nt-pti-25-Int-pti-25-Ilt-pti-25-pell-pti-2 5-peln-pti-25-I-pti-25-n-pti-25-Il-pti-2 5-In-747443.html	3,32€
11	FBS 3-5 - Steckbrücke FBS 3-5 Phoenix Contact		0,76€	3	https://www.conrad.de/de/fbs-3-5-st eckbruecke-fbs-3-5-phoenix-contact -inhalt-1-st-673822.html	2,28€
12	Hutschienen-Netzteil	(DIN-Rail) Mean Well DR-15-12 12 V/DC 1.25 A 15 W	19,06 €	1	https://www.conrad.de/de/hutschien en-netzteil-din-rail-mean-well-dr-15- 12-12-vdc-125-a-15-w-1-x-1297355. html	19,06 €
13	Niedervolt-Steckverbinder Stecker	offenes Ende 5.5 mm 2.1 mm 2.1 mm BKL Electronic 2.00 m	2,60 €	1	https://www.conrad.de/de/niedervolt -anschlusskabel-niedervolt-stecker- kabel-offenes-ende-55-mm-21-mm- 21-mm-bkl-electronic-200-m-1-st-73 4183.html	2,60 €

14	Niedervolt-Steckverbinder Stecker	offenes Ende 5.5 mm 2.5 mm 2.5 mm BKL Electronic 2.00 m	2,60 €	1	https://www.conrad.de/de/niedervolt -anschlusskabel-niedervolt-stecker- kabel-offenes-ende-55-mm-25-mm- 25-mm-bkl-electronic-200-m-1-st-73 4210.html	2,60 €
15	Sicherungshalter	12.0 mm Schrauben Schwarz Degson PC10-DR-01P-13-00AH 1 St.	5,40 €	1	https://www.conrad.de/de/sicherung sklemme-120-mm-schrauben-schwa rz-degson-pc10-dr-01p-13-00ah-1-st -1327289.html	5,40€
					Summe	145,87€

7.3. Verwendungszweck

Die Wetterstation ist ein professionelles und hochwertiges Industrie-Produkt. Durch den Umfang und Genauigkeiten der Daten eignet sich diese sehr gut zur

Gebäudeautomatisierung. Für rein meteorologische-wissenschaftliche Zwecke oder zur Wettervorhersage ist dieses Gerät nicht gedacht.

In dem Bereich der Gebäudeautomatisierung würde dieses Gerät dazu dienen präzise Daten zu ermitteln, anhand derer eine Regelung beeinflusst wird, um das ideale Gebäudeklima für die entsprechenden Anwendungen zu gewährleisten.

Beispiele: Luftfeuchtigkeit und Wärme in Gewächshäusern; Luftfeuchtigkeit und Kälte in Rechenzentren oder große industrielle Lebensmittelproduzenten; optimales Wohlfühlklima und Luftqualität in Büroräumen oder Hotels.

Im Projekt wurde die Wetterstation im ersten Semester als Stand-Alone-Lösung in Zusammenspiel mit dem myRIO konfiguriert und aufgebaut. Nun können alle gelieferten Daten der Wetterstation auf einem USB-Massenspeichermedium abgelegt werden. Die abgelegte Datei ist eine ".csv"-Datei und kann in Excel importiert werden, um eine Auswertung der erfassten Daten vorzunehmen.

Diese Daten könnten über einen längeren Zeitraum in einer Datenbank gesammelt werden. Aus dieser Datenbank könnte ein Rückblick über längere Zeiträume die Veränderung des Wetters auf der Hochschulseite dargestellt werden. Später wäre es möglich, über eine entsprechend bereit gestellte Schnittstelle, aktuelle Wetterdaten direkt auf der Hochschulseite darzustellen und diese parallel in einer Datenbank zu sammeln.

7.4. Ideen für die Zukunft

Entwicklungspotenzial für Weiterentwicklungen

In späteren Semestern wären folgende Ideen vorstellbar bzw. erreichbar:

- Einbindung in das Hochschulnetzwerk, um direkt Daten auf einen Server abzulegen
 →dynamisches Erstellen von Wettergrafiken und Anpassung angezeigter Daten
 →Wetterrückblick über weite Zeiträume
- Erstellung eines echten Sensor-Aktor-Modells

 →ein Anschauungsbeispiel in der Hochschule zur Gebäudeautomation
 →durch kleine Aktoren in einem Modellhaus könnte auf die aktuellen Wetterdaten z.B.
 ein Lüfter anlaufen
 -Fensterjalousien zu- bzw. auffahren
 - -Heizung ein- & ausschalten (z.B. eine Glühbirne)

-automatische Beleuchtung bei Nacht oder dunklen Wolken

- Einbindung in ein echtes Gebäudeautomatisierungssystem
 - \rightarrow zur Einsparung von Energie

→Aufzeigen der Zuverlässigkeit der Daten

- \rightarrow Berechnung weiterer ableitbarer Größen, um z.B. Serverparks richtig zu belüften
- Weitergabe der Wetterdaten oder Freigabe an bekannte Portale mit Eigenwerbung →Refinanzierung von studentischen Projekten durch Partner
 - \rightarrow an Unternehmen oder die Stadt Magdeburg
 - \rightarrow Werbung für potentielle Studenten
- Nutzen der Daten zur Steuerung spezieller Anlagen
 →z.B. eine verstellbare Photovoltaik-Anlage zur Optimierung der Energiegewinnung

