
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Grundlagen der Solarenergie.....	6
2.1	Speicherung von Sonnenenergie.....	6
2.2	Sonnenenergie- und Einstrahlung	7
2.3	Die Solarzelle	8
2.4	Das Photovoltaik Modul.....	9
2.5	Anwendungsbereiche	10
3	Die Solaranlage der HAW-Hamburg	11
3.1	Der Wechselrichter Sunny Boy 3000.....	13
3.2	Verbindungsaufbau zwischen PC und PV-Anlage.....	14
3.3	Der Datenlogger Sunny Boy Control	16
3.4	Die Sunny Data Control Software.....	18
4	Der Mikrocontroller SC 12	22
4.1	Das TCP/IP Netzwerkprotokoll	22
4.2	Ethernet	23
4.3	Datenübertragung	23
4.4	Kommunikation zwischen Sunny Boy Control und dem SC 12.....	24
4.5	Die YASDI Software	26
4.6	Liste aller Befehle	28
4.7	Erfassung der Wechselrichter.....	30

5	Die Sunny WebBox.....	32
5.1	Aufbau der Einspeisung in die Hausverteilung.....	35
5.2	Zugriff auf die Sunny WebBox.....	37
6	Das Anwendungsprogramm LabVIEW	41
6.1	Allgemeines zu LabVIEW Programmen.....	41
6.2	Erstellen eines VIs.....	43
6.3	Visualisierung der Echtzeit Daten.....	44
6.4	Visualisierung der historischen Daten.....	48
6.5	Probleme bei der Umsetzung der gestellten Aufgabe	52
7	Zusammenfassung.....	53
8	Abbildungsverzeichnis	54
9	Abkürzungsverzeichnis	56
10	Quellenverzeichnis	57
11	Anhang	59
11.1	Das Java Script xml.js	59
11.2	Programm zur Darstellung der Echtzeitdaten	62
11.3	Programm zur Darstellung der historischen Daten	66
12	Versicherung über die Selbstständigkeit.....	69

1 Einleitung

Die zunehmende Luftverschmutzung durch den jährlich weltweit wachsenden CO₂ Ausstoß durch die Industrieländer macht es nötig, mit Blick auf kommende Generationen, vermehrt regenerative Energiequellen zu nutzen. Ein gutes Beispiel dafür ist der Bau der Photovoltaik Anlage auf dem, im Jahre 2003 neu errichteten, Gebäude der HAW-Hamburg.

Seit der Inbetriebnahme der PV-Anlage, die sich auf der Dachterrasse des Neubaus befindet, gibt es bis heute keine Anbindung der Anlage über eine Ethernet Verbindung. Um die aktuellen Werte der Solaranlage zu begutachten, muss sich der Anwender jedes Mal in den sechsten Stock des Neubaus begeben und einen Datenlogger anschließen, um Ergebnisse zu betrachten. Eine graphische Umsetzung der gemessenen Daten ist ebenfalls noch nicht realisiert worden. Das ist der Grund dafür, die Solaranlage an das hauseigene Netzwerk der HAW-Hamburg über eine Ethernet Verbindung anzubinden, und so, u.a. dem Fachbereich Elektrotechnik einen Datenzugang zu ermöglichen.

Damit eine Anlage zu jedem Zeitpunkt von einem beliebigen Ort kontrolliert werden kann, ist die kostengünstigste Möglichkeit dies mit einem Mikrocontroller zu realisieren. Durch das Errichten einer Ethernet-Verbindung kann über das hauseigene Rechnernetz oder aus dem World Wide Web auf die Anlage zugegriffen werden.

Die Aufgabe besteht darin, einen leistungsfähigen, aber dennoch kostengünstigen Mikrocontroller zu verwenden, verbunden mit der Möglichkeit, von jedem beliebigen PC des HAW-Rechnernetzes auf den Mikrocontroller und somit auch auf die Solaranlage zugreifen zu können. Anschließend sollen die erfassten, und über die etablierte Netzwerkverbindung gesendeten, Daten graphisch aufgearbeitet werden. Hierfür steht das Visualisierungsprogramm LabVIEW zur Verfügung.

2 Grundlagen der Solarenergie

Die Solarenergie, auch als Sonnenenergie bezeichnet, ist Energie, die von der Sonne durch Kernfusion erzeugt wird und die in Teilen als elektromagnetische Strahlung (Strahlungsenergie) zur Erde gelangt. An der Grenze zur Atmosphäre, wo die sogenannte Solarkonstante gemessen wird, beträgt der Wert etwa $1,367 \text{ kW/m}^2$. Er ist seit Hunderten von Jahren nahezu konstant. Nachdem die Sonnenenergie in die Atmosphäre gelangt ist, wird sie teilweise von der Atmosphäre absorbiert und in Wärme umgewandelt, hierbei entstehen Emissionen, die einen weiteren Teil der Energie in Richtung Weltall entkommen lassen. Schließlich kommt es zum Verlust eines weiteren Teiles der Energie durch Reflektionen an Schwebeteilchen in der Luft, wie Staub und Eiskristalle. Wie viel Energie verloren geht, hängt davon ab, in welchem Zustand sich die Atmosphäre zum Zeitpunkt der Einstrahlung befindet. Maßgebliche Faktoren sind die Luftfeuchtigkeit, die Dichte der Wolken und der von den Strahlen in der Atmosphäre zurückgelegte Weg, aber auch Kondensstreifen und Abdämpfe. Trifft die Strahlung letztendlich auf die Erdoberfläche, so hat sie immer noch einen Wert von bis zu 1 kW/m^2 bei senkrechtem Strahleneinfall. Trifft die Strahlung in einem kleineren Winkel auf die Erdoberfläche auf, so verringert sich die Intensität der Strahlung und somit auch die Energie pro Quadratmeter.

Die Solarenergie wird mit Hilfe der Photovoltaik in elektrische Energie, den sogenannten Solarstrom, umgewandelt. Eine andere Methode ist, die Infrarot-Strahlung als Wärme in Solarthermie-Anlagen aufzufangen und zu nutzen. Dabei ist die Wandlung der Solarenergie in Wärme durch sogenannte Sonnenkollektoren die häufigste Form der Nutzung. Eine direkte Wandlung der Solarenergie in Wärme ist auch durch Solaröfen und Solarkocher möglich. Die so gewonnene Wärme kann in Sonnenkraftwerken zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet werden. Siehe [1]

2.1 Speicherung von Sonnenergie

Da die Stärke der solaren Einstrahlung von vielen nicht beeinflussbaren Faktoren abhängig, und somit nicht konstant vorliegt, ist es beim Betrieb eines solaren Elektrizitätswerkes notwendig auf eine alternative Stromversorgung zurückgreifen zu können, um eine permanente Stromversorgung zu gewährleisten.

Dazu kann zum Einen das vorhandene Stromnetz herangezogen werden. Denkbar ist auch die Nutzung von Wasserkraftwerken oder Windenergieanlagen als Energielieferant. Eine andere Alternative ist die Energiespeicherung, so dass bei mangelnder Solareinstrahlung auf die vorhandenen Speicher zurückgegriffen werden kann.

Es gibt verschiedenen Möglichkeiten für die Speicherung der Solarenergie. Für eine längerfristige Speicherung der Energie bieten sich Solarbatterien an. Dabei handelt es sich um einen chemischen Energiespeicher. Die hieraus wieder verwendbare Energie liegt derzeit bei etwa 50 %. Bei diesen Speichern bietet es sich an, sie im Sommer aufzuladen um die Energie im Winter nutzen zu können.

Für eine kurzfristige Speicherung eignen sich am besten Wasserspeicherkraftwerke. Als Beispiel kann hier das Spitzenlastkraftwerk Walchenseekraftwerk genannt werden, welches seine Leistung innerhalb weniger Minuten dem vorhandenen Bedarf anpassen kann. Siehe [2]

2.2 Sonnenenergie- und Einstrahlung

Die Sonne liefert pro Jahr, eine Energiemenge von etwa $1,08 \cdot 10^{18}$ kWh, auf die Erdoberfläche. Das entspricht in etwa dem 10.000fachen der Energiemenge, die Weltweit verbraucht wird. Das Problem besteht aber darin, dass sich die abgegebene Energie, je nach Uhrzeit, Jahreszeit und Breitengrad, die Sonnenscheindauer und der Winkel, unter dem die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche fallen, ständig verändert. Als Mittelwert wird für Mitteleuropa ein Wert von etwa 1.000 kWh pro Quadratmeter und Jahr angegeben. Im Vergleich dazu wird in der Sahara ein Wert von etwa 2.350 kWh pro Quadratmeter und Jahr erreicht.

Die Strahlungsenergie pro Flächen- und Zeiteinheit hängt davon ab, in welchem Winkel die Strahlung der Sonne auf die Erdoberfläche trifft. Treffen die Strahlen in einem kleinen Winkel auf die Oberfläche, so treffen auch weniger Photonen pro Flächeneinheit auf den Boden und geben weniger Energie ab, als bei einem senkrechten Einfall. Hinzu kommt noch der verlängerte Weg, den das Licht bei einem geringeren Einstrahlwinkel durch die Atmosphäre zurücklegen muss.

Die Strahlungsleistung auf der Erdoberfläche lässt sich anhand der folgenden Formel berechnen.

$$J = J_0 * \sin(\beta)$$

J = Strahlungsleistung

J_0 = Strahlungsleistung bei senkrechtem Einfallswinkel

β = Einfallswinkel gegenüber dem Horizont

Im Jahr 2006 waren Deutschlandweit über 8 Mio. Quadratmeter Solarkollektoren installiert. Gemessen an der Energie Gesamterzeugung der Bundesrepublik Deutschland, hat die Stromerzeugung aus Solarenergie einen Anteil im unteren einstelligen Prozentbereich. Um so mehr sind die Studien des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zu beachten, aus denen hervorgeht, dass etwa 0,3 Prozent der verfügbaren Wüstengebiete in Nord-Afrika und im Nahen Osten ausreichen um den Energiebedarf dieser Länder und Europas mit Hilfe von thermische Solarkraftwerken zu decken. Siehe [1]

2.3 Die Solarzelle

Um aus Sonnenlicht elektrische Energie zu gewinnen, werden Solarzellen benötigt. Eine Solarzelle besteht aus einer Kombination aus p- und n-Halbleitern. Am häufigsten werden diese Halbleiter aus Silizium gefertigt, da dieser Stoff eine umweltfreundliche Verarbeitung ermöglicht und gleichzeitig in großer Menge auf der Erde vorhanden ist.

Das Siliziumatom gehört zu der vierten Gruppe im Periodensystem, das heißt, es verfügt über vier Valenzelektronen auf der äußeren Schale. Um einen stabile Edelgaszustand zu erreichen, benötigt das Siliziumatom vier zusätzliche Valenzelektronen auf der Außenschale. Dies ermöglicht die Kristallstruktur des Siliziums. Darin verbindet sich jedes Atom mit je einem Valenzelektron seiner vier Nachbaratome. Somit verfügt jedes Siliziumatom über acht Elektronen auf der Außenschale. Im Bändermodell hat das Atom ein voll besetztes Valenzband und ein leeres Leitungsband, das heißt, es gibt keine frei beweglichen Elektroden. Unter dem Einfluss erhöhter Umgebungstemperatur oder Lichteinstrahlung kann ein Elektron vom Valenzband auf das Leitungsband gehoben werden. So befinden sich in dem Silizium-Kristallgitter ein freier Ladungsträger und ein positiv geladenes Loch. Unter dem Einfluss elektrischer Spannung, wandert das frei gewordene Elektron zur Anode.

Um einen n-Halbleiter herzustellen, wird ein Siliziumkristall mit einem Element dotiert, das

fünf Valenzelektronen besitzt, z.B. Phosphor (P). Das so in das Kristallgitter eingebrachte Phosphoratom verbindet sich vier Siliziumatomen (Si). Das fünfte Valenzelektron des Phosphors wird nur leicht gebunden. Bei einem p-Halbleiter verbindet sich ein Atom, das nur drei Valenzelektronen besitzt, z.B. Bohr (B), mit einem Siliziumkristall. Bei der Bindung des Bohratoms an die Siliziumatome entsteht ein Elektronenloch. Das überflüssige Elektron, sowie das Elektronen Loch im Siliziumkristall werden als Störstelle bezeichnet. In Abbildung 1 sind diese Störstellen zu sehen.

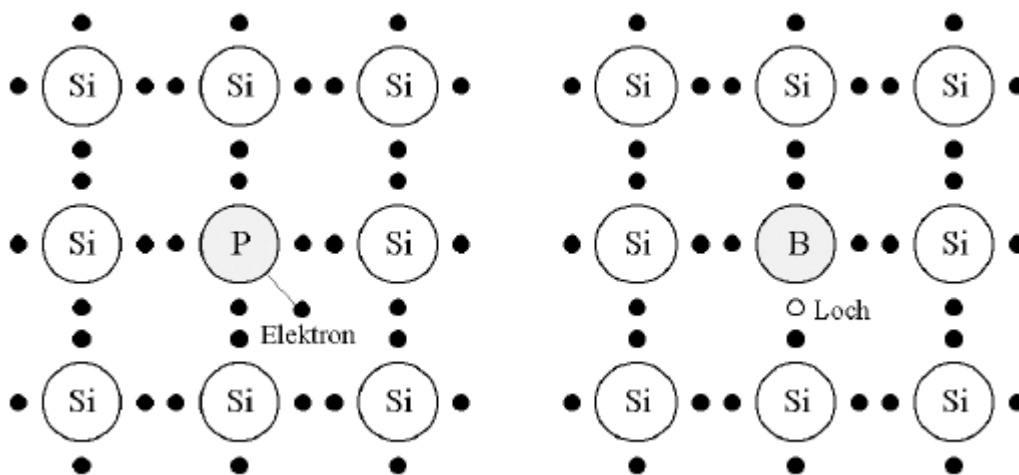


Abbildung 1: Abbildung eines n-dotiertem und eines p-dotiertem Siliziumatoms [3]

Wird nun ein Kontakt zwischen den n- und p-Halbleiter hergestellt, so entsteht ein p/n-Übergang. Aufgrund des Bestrebens der Atome, immer acht Valenzelektronen auf der außen Schale zu besitzen, diffundieren die freien Elektronen des n-dotierten Gebiets in das p-dotierte Gebiet des Halbleiters. So entstehen eine positive und eine negative Raumladungszone zwischen den p/n-Zonen. Entgegengesetzt zu der Diffusion der Ladungsträger, entsteht in diesem Grenzbereich ein elektrisches Feld. Bringt man eine Solarzelle, die über einen p/n-Übergang verfügt, mit einer Lichtquelle in Kontakt, so wandern die Elektronen in das n-Gebiet. Durch einen von außen an die Solarzelle angeschlossenen Stromkreis fließt somit ein Gleichstrom. Die Leistung, die durch diesen Effekt erzielt wird, hängt von mehreren Faktoren ab. Zum einen kommt es auf die Strahlungsenergie und die Wellenlänge des Lichts an und zum anderen auf das Material. Siehe [3]

2.4 Das Photovoltaik Modul

Jede Photovoltaik Anlage besteht aus Solarzellen die in einem Modul zusammengefasst

werden. Die einzelnen Zellen werden in Reihen- und/oder Parallelschaltungen elektrisch verbunden. Industriell gefertigte Solarmodule bestehen überwiegend aus 36 oder 72 Solarzellen und können so einen Gleichstrom von 12 bzw. 24 Volt erzeugen.

Bei der Herstellung der Module sind einige Kriterien zu berücksichtigen. So müssen die Module klimabedingte Einflüsse, wie zum Beispiel große Temperaturunterschiede von -50°C bis zu $+90^{\circ}\text{C}$ vertragen. Des Weiteren müssen die Module Resistent gegen Feuchtigkeit und Ultraviolette Strahlung sein. Dabei müssen die mechanische Stabilität sowie die elektrische Sicherheit gewährleistet sein. Siehe [3]

2.5 Anwendungsbereiche

Zurzeit finden photovoltaische Anlagen in Deutschland die häufigste Anwendung als dachgebundene Anlagen auf Privatwohnungen zur Erzeugung des Eigenbedarfs an elektrischer Energie. Alles was darüber hinausgeht, wird in das Netz eingespeist und kommt dem Erzeuger in Form einer Vergütung zu Gute. Die Versorgung solcher Haushalte erfolgt aber nach wie vor über das Verbundnetz, um Versorgungslücken auszuschließen.

Die Wirtschaftlichkeit photovoltaischer Anlagen ist bei Kleinstverbraucher gegeben, die meist Abseits einer Netzzugangsmöglichkeit platziert wurden. Die Kosten, solche Objekte an das Verbundnetz anzuschließen, übersteigen die Kosten zur Errichtung einer Stromversorgung durch eine photovoltaischer Anlage um ein vielfaches. Zu diesen Objekten zählen zum Beispiel Anzeige-Tafeln, Strecken-Telefone oder Stau-Sensoren. Aber auch Parkschein-Automaten werden vermehrt mit Solarstrom versorgt. Laut einer Untersuchung der Bundesanstalt für Straßenwesen liegt die Zuverlässigkeit solcher photovoltaischen Systemen im Straßenverkehr bei fast 100 %.

Abgesehen von der privaten Nutzung photovoltaischer Anlagen, werden diese auch verstärkt in der Landwirtschaft genutzt. Neben der Versorgung der Betriebe, können auch entfernte Verbraucher, wie z.B. Elektrozäune oder Bewässerungssysteme mit Solarenergie betrieben werden.

Ein weiterer Anwendungsbereich der Photovoltaik findet sich in der Raumfahrt. Zur Energiegewinnung werden Satelliten oder auch die Raumstation ISS mit Solarpanel ausgestattet. Siehe [4]

3 Die Solaranlage der HAW-Hamburg

Die Solaranlage der HAW Hamburg geht auf eine Initiative von Prof. Dr. Moré zurück. In der Bauphase des Neubaus wurde die Idee einer Solaranlage auf der Bibliotheksterrasse des Neubaus von Prof. Dr. Moré angeregt. Daraufhin schrieb die Hochschule für Angewandte Wissenschaften einen hochschulinternen Wettbewerb zur Nutzung von Sonnenenergie auf der Bibliotheksterrasse aus.



Abbildung 2: Montage der Solaranlage auf dem Neubau der HAW-Hamburg [6]

Das Ziel war es, für den Neubau eine Solaranlage zu entwerfen, die in das Hochschulleben integriert werden, und zugleich als Schattenspender für Leseplätze der neuen Bibliothek dienen soll. Die Vorschläge wurden nach Nutzwert als Lese-Laube, Gestaltung, Ausführbarkeit und nach Stromertrag bewertet. Aus den zahlreich eingesendeten Entwürfen, entschied sich die Wettbewerbsjury für den Entwurf der beiden Architekturstudenten der HAW Hamburg, Hartwig Zehm und Jan Kaudinya. Die Jury war der Meinung, dass sich der Entwurf der beiden Studenten am besten in das Gebäude integrieren würde. Der Entwurf sah

wie folgt aus:

Die Photovoltaik Anlage umfasst fünf Stahlschirme, an deren Fuß ein Tisch montiert wurde und um den Tisch wurden wiederum Stühle platziert um so einen zusätzlichen Nutzwert der Solaranlage zu erhalten. Pro Stahlschirm wurden jeweils 20 Solarmodule montiert, die eine Gesamtleistung von ca. 15 KW erzeugen. Gleichzeitig wird der CO₂ – Ausstoß des Gebäudes um 9 Tonnen pro Jahr gesenkt. Abbildung 3 zeigt die fertig gestellte Solaranlage.



Abbildung 3: Fertige Solaranlage mit fünf „Sunbrella“-Einheiten [6]

"Das Projekt Sunbrellas des Vereins HAW-Solar e.V. verbindet den Willen, erneuerbare Energien mit dem Anspruch auf gestalterisch spannungsreiche Integration in die Architektur von Neubauten zu nutzen, so das einhellige Urteil der Wettbewerbsjury.“ Siehe [6]

Um das Projekt umzusetzen, wurde der gemeinnützige Verein HAW Solar e. V. gegründet. Viele Sponsoren, wie zum Beispiel der Hamburger Klimaschutzfonds, HEW new power, die Norddeutsche Stiftung für Umwelt und Entwicklung, der AStA der HAW konnten für das Projekt gewonnen werden. Als weitere Partner beteiligten sich die Hersteller der Stahlkonstruktion - Ökologische Technik - und der Module – SOLARA - , das Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik der HAW Hamburg und das Institut für Baustatik und Stahlbau der TUHH an dem Projekt. Siehe [6]

Für die Fertigung der fünf Solarschirme und den Anschluss an die Haustechnik, wurde die Firma SMA beauftragt. Diese Firma hat auch die Wechselrichter geliefert und in Betrieb

genommen. mit deren Hilfe der erzeugte Strom in das Stromnetz eingespeist wird. Im Folgenden Kapitel werden die Grundzüge des Wechselrichtertyps Sunny Boy 3000 erläutert.

3.1 Der Wechselrichter Sunny Boy 3000

Wechselrichter kommen dort zum Einsatz, wo elektrische Verbraucher, die zum Betrieb eine Wechselspannung benötigen, vor Ort aber nur auf eine Gleichstromquelle (zum Beispiel eine Autobatterie) zurück greifen können. Wechselrichter werden aber auch für die Einspeisung der erzeugten Leistung einer Gleichspannungsquelle in das Wechselstromnetz gebraucht. Siehe [8]

Bei dem Wechselrichter Sunny Boy 3000 handelt es sich um einen so genannten „String-Wechselrichter“. Der Wechselrichter verbindet immer nur eine geringe Anzahl von in Reihe geschalteten Solarmodulen (Strings) mit dem öffentlichen Netz. Dabei erfolgt die Sammlung der Energie erst auf der Wechselstromseite. Das führt dazu, dass die kostenintensive Gleichstromverteilung, durch den Wegfall der Verkabelung auf der Gleichstromseite, entfällt. Um hohe Leitungsverluste zu vermeiden und gleichzeitig den Wirkungsgrad der PV-Anlage zu erhöhen, ist es nötig, die Wechselrichter so dicht wie möglich an dem Solarmodul zu platzieren. Dieser Effekt macht sich besonders bei PV-Anlagen mit mittlerer und hoher Leistung bemerkbar.

Das Leistungsteil des Sunny Boy 3000 Wechselrichter ist durch einen einfachen sowie robusten Aufbau mit hohem Wirkungsgrad gekennzeichnet. Die durch die Photovoltaik Anlage erzeugte Gleichspannung wird über eine IGBT-Brückenschaltung hochfrequent in einen Wechselstrom-Zwischenkreis umgesetzt und von dort erfolgt die Einspeisung ins Netz über einen Transformator. Siehe [7]

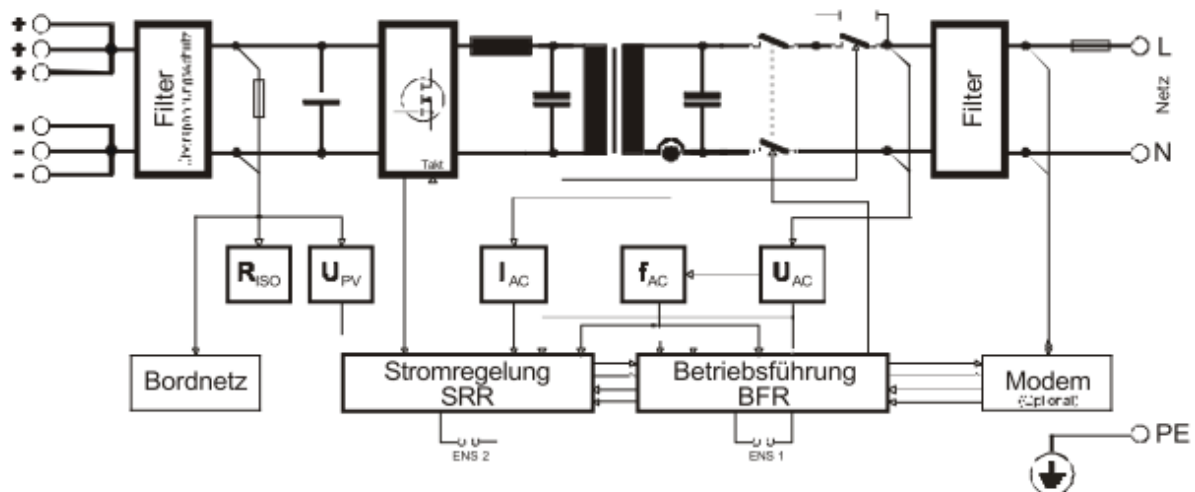


Abbildung 4: Blockschaltbild des Wechselrichters Sunny Boy 3000 [7]

3.2 Verbindungsaufbau zwischen PC und PV-Anlage

Wie schon erwähnt, verfügt die Photovoltaik Anlage der Fachhochschule Hamburg über fünf Sunbrella Einheiten. Die erzeugte Energie der einzelnen Solarelemente wird mit Hilfe eines Wechselrichters in das Hausnetz der HAW eingespeist. Die ermittelten Daten, wie zum Beispiel die erzeugte Leistung werden ebenfalls über das Hausnetzes übertragen. Die Daten können jederzeit mittels des Datenloggers Sunny Boy Control abgerufen und zur Anzeige gebracht werden. Der Sunny Boy Control erfasst alle Wechselrichter die an das Hausnetz angeschlossen sind. Bei der Übermittlung der Daten kann zwischen Netzleitung (Powerline) oder RS485 gewählt werden. An der Fachhochschule Hamburg erfolgt die Kommunikation mit den Wechselrichtern über Powerline. Die Datenerfassung ist jedoch nur in dem Stockwerk möglich, wo sich auch die Wechselrichter befinden, bzw. in dem die Einspeisung erfolgt.

Um eine möglichst störungsfreie Kommunikation herzustellen, sind folgende Bedingungen zu beachten:

- die Übertragungsstrecke sollte nur über eine Phase laufen
- die Übertragungsstrecke sollte so kurz wie möglich sein
- Geräte von denen Daten abgefragt werden, müssen an dem selben Leitungsstrang

angeschlossen sein

Werden diese Bedingungen eingehalten, kann der Datenlogger an eine entsprechende Steckdose angeschlossen werden. Die Erfassung der Wechselrichter durch den Sunny Boy Control erfolgt dann automatisch. Mit Hilfe der Menüführung können nun sämtliche Daten im Display angezeigt werden.

Zunächst sollte überprüft werden, ob überhaupt eine funktionierende Verbindung zwischen dem PC und der PV-Anlage hergestellt werden kann. Dazu wurde der Schnittstellenwandler auf der einen Seite mit dem PC verbunden und auf der anderen Seite mit dem Sunny Boy Control. Nachdem die Verbindung Hardwaremäßig erfolgte, wurde mit dem Firmeneigenen Visualisierungsprogramm Sunny Data Control die Verbindung auch per Software realisiert. Dabei wird die Gesamtanlage erfasst und alle angeschlossenen Geräte inklusive der jeweiligen Seriennummer angezeigt. Die Verbindung der einzelnen Hardwarekomponenten erfolgte problemlos. Der RS232/485 Schnittstellenwandler musste lediglich, den Vorgaben entsprechend, verdrahtet werden, um eine Verbindung von PC und dem Datenlogger herzustellen. Die korrekte Anwendung der Software stellt nach einer kurzen Eingewöhnungsphase kein Problem dar.

Im nächsten Kapiteln werden die Funktionsweise des Sunny Boy Control, des Schnittstellenwandlers I-7520 der Firma Spectra und der Sunny Data Software erläutert.

3.3 Der Datenlogger Sunny Boy Control

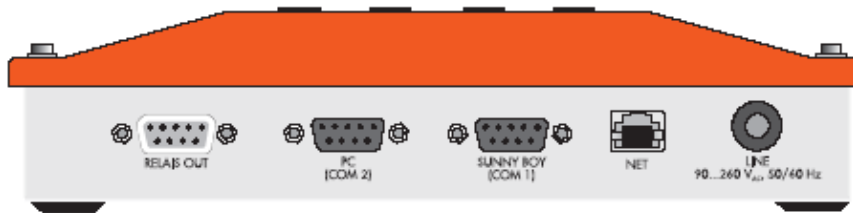


Abbildung 5: Rückansicht des Datenloggers Sunny Boy Control [5]

Der Sunny Boy Control verfügt über mehrere Schnittstellen. Um eine Verbindung zu einem PC zu ermöglichen, ist er unter anderem mit einer RS485 Schnittstelle ausgerüstet, wie die Rückansicht des Datenloggers in Abbildung 5 zeigt (Dsub-9 Stecker). Auf der Oberseite befinden sich ein LC-Display und entsprechende Tasten, die durch das Menü führen. Nach Einschalten des Gerätes wird ein Selbsttest durchgeführt und auftretende Fehler werden im Display angezeigt. Liegen keine Fehler vor, so erscheint nach dem Einschalten das Online-Menü. Hier wird die Momentanleistung der Gesamtanlage angezeigt. Schaltet man mit Hilfe der Escape Taste in das Hauptmenü um, kann man alle Funktionen des Sunny Boy Control erreichen. Hier kann zwischen Momentanwerten, Tagesenergie, Messdaten, Diagnose und Einstellungen ausgewählt werden.

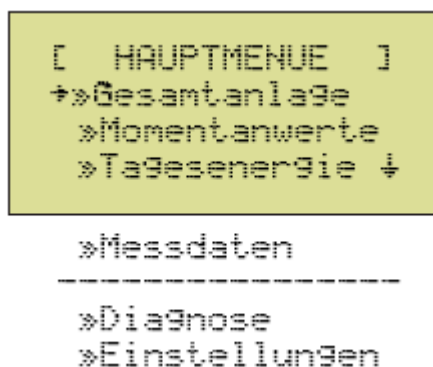


Abbildung 6: Hauptmenü des Sunny Boy Control [5]

Wird der Menüpunkt Momentanwerte ausgewählt, so können die Momentanwerte jedes einzelnen Wechselrichters, bzw. jeder Solareinheit angezeigt werden. Wird Tagesenergie aus dem Menü gewählt, so können die gespeicherten Tageswerte zu jedem Gerät betrachtet

werden. Unter dem Menüpunkt Messdaten werden sämtliche gespeicherten Messkanaldaten angezeigt. Wählt man Diagnose oder Einstellungen, so gelangt man zu den entsprechenden Menüs und kann gewünschte Einstellungen vornehmen. Um eine Verbindung zwischen PC und dem Datenlogger aufzubauen ist ein Schnittstellenwandler RS485/RS232 notwendig um den PC an den RS485 Bus anzuschließen. Die RS485 Schnittstelle arbeitet als Spannungsschnittstelle Sie besitzt zwei Datenleitungen, wobei eine Leitung das echte Signal, die andere das invertierte Signal überträgt. Die Differenz beider Signale kann zur Auswertung genutzt werden. Die Schnittstelle hat einen Arbeitsbereich von +5 Volt (High) bis 0 Volt (Low). Das Bussystem wird über einen Abschlusswiderstand von 120 Ohm abgeschlossen. Siehe [5]

Der von der Herstellerfirma empfohlenen Schnittstellenwandler ist der I-7520 der Firma Spectra. Der Anschluss der Datenleitungen und der externen Stromversorgung an den Wandler sieht wie folgt aus:

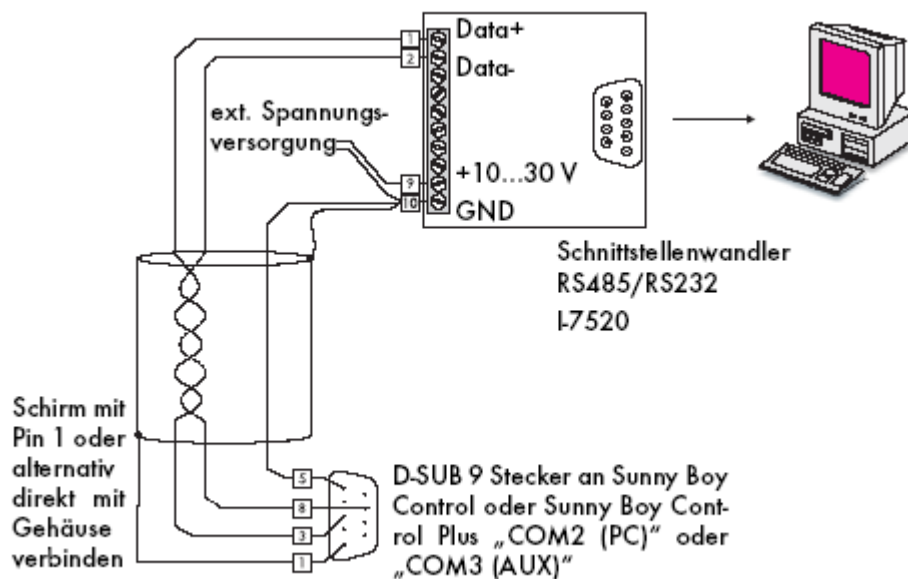


Abbildung 7: Anschlussplan des Schnittstellenwandlers [5]

Bei korrektem Anschluss der Komponenten, zeigt die Kontrollleuchte des Schnittstellenwandlers an, dass eine Verbindung zur RS485 Schnittstelle etabliert wurde. Die mit dem Datenlogger mitgelieferte Software Sunny Data Control visualisiert diese Verbindung auf einer Oberfläche. Eine kurze Einführung in die Anwendung der Software

erfolgt im nächsten Abschnitt.

3.4 Die Sunny Data Control Software

Die Sunny Data Control Software ermöglicht die Bearbeitung der aufgezeichneten Daten des Sunny Boy Control. Sind der PC und der Datenlogger entsprechend verbunden, ist es nun möglich die ermittelten Daten mit Hilfe der Software, auf dem PC auszulesen. Das Programm erkennt alle angeschlossenen Wechselrichter, den Datenlogger sowie die interne Seriennummer. Mit Hilfe der Menüleiste können einzelne Funktionen aufgerufen werden, wie zum Beispiel die Erfassung aller angeschlossenen Geräte oder die Anzeige der Parametereinstellung. Bei erstmaliger Erfassung einer Anlage, muss zuerst ein Name für die Solaranlage vergeben werden. In diesem Fall wurde die Anlage haw-hamburg genannt.

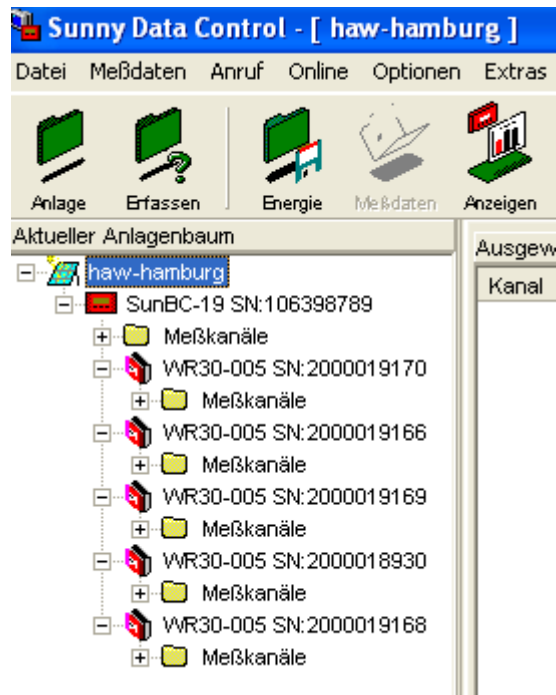


Abbildung 8: Erfassung der Wechselrichter durch die Sunny Data Software

In Abbildung 8 ist der aktuelle Anlagenbaum zu erkennen. Zu jedem erfasstem Wechselrichter und dem Sunny Boy Control lassen sich die entsprechenden Messkanäle anzeigen. Es werden nur die vorher ausgewählten Kanäle visualisiert. Es können maximal 18 Messkanäle ausgewählt werden.

Über ein Online Fenster können alle aktuellen Daten zur Anzeige gebracht werden. Hierbei

existiert für jeden Wechselrichter und für den Sunny Boy Control ein eigenes Informationsfenster. Die kontinuierliche Online-Abfrage wird automatisch gestartet, sobald mindestens ein Messkanal eines Wechselrichters zur Online-Abfrage ausgewählt wurde.

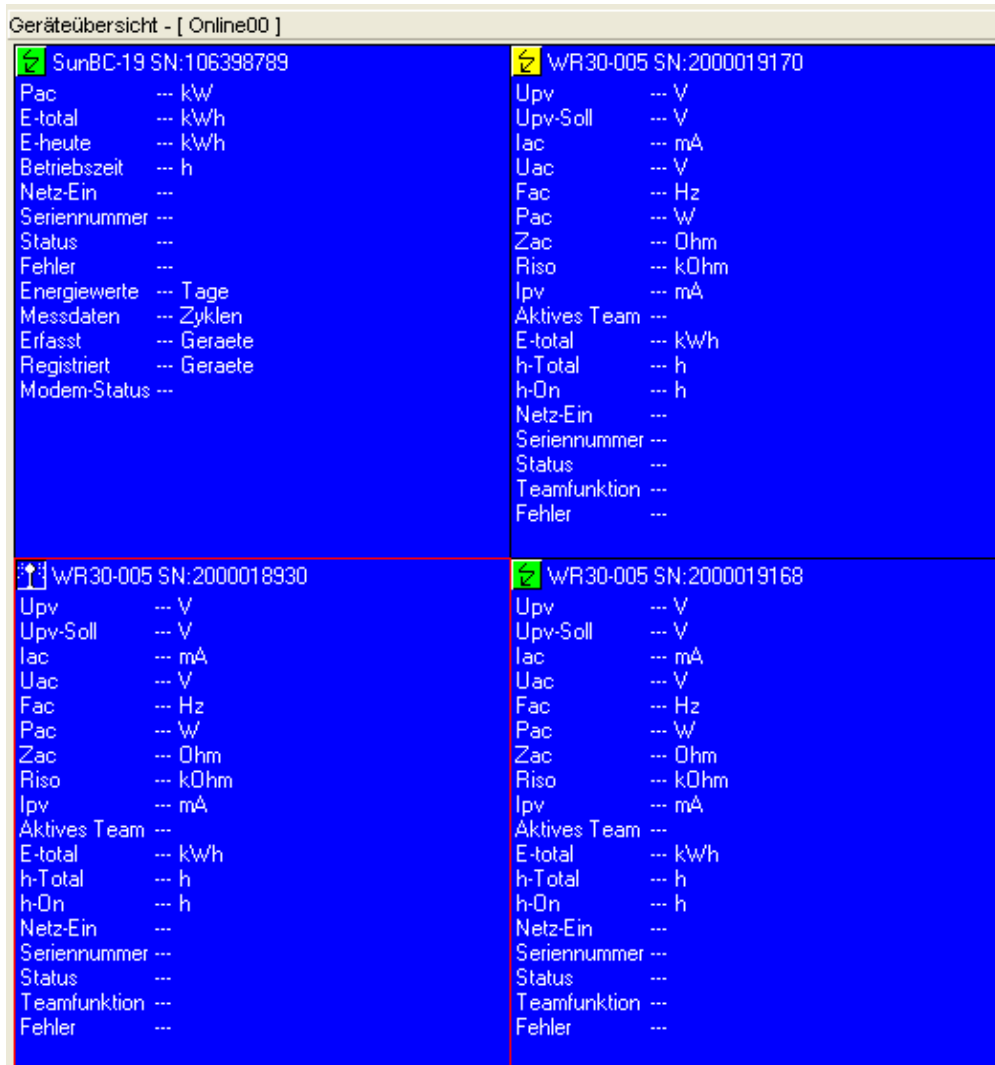


Abbildung 9: Informationsfenster der Sunny Data Control Software

Innerhalb eines Abfragezyklus erfolgt die Abfrage Geräteweise. Sie beginnt also beim ersten besetzten Gerätefeld oben links und endet unten rechts. Dabei werden allerdings nur die Geräte abgefragt, bei denen mindestens ein Kanal zur Online-Datenabfrage ausgewählt wurde. Wie schon beim Anlagenbaum beschrieben, werden auch im Online Fenster nur die bereits vorher ausgewählten Messkanäle angezeigt. Ihre maximale Anzahl beträgt ebenfalls 18. Das Informationsfenster der Sunny Data Control Software zeigt in Abbildung 9 keine Werte an, weil keine Verbindung zwischen dem Sunny Boy Control und der PV-Anlage besteht. Dies wird insbesondere durch den rot hinterlegten Blitz verdeutlicht. Bei fehlerfreier

Kommunikation von Datenlogger und den Wechselrichtern wird das Symbol grün hinterlegt.

Des Weiteren können alle Parameter des Datenloggers ausgelesen, und wenn nötig angepasst werden. Alle ausgewählten Messkanäle können auch zur Anzeige gebracht werden. Dabei kann zwischen den einzelnen Wechselrichtern ausgewählt werden. Es können aber auch die Messkanäle aller Wechselrichter gleichzeitig ausgewählt werden.

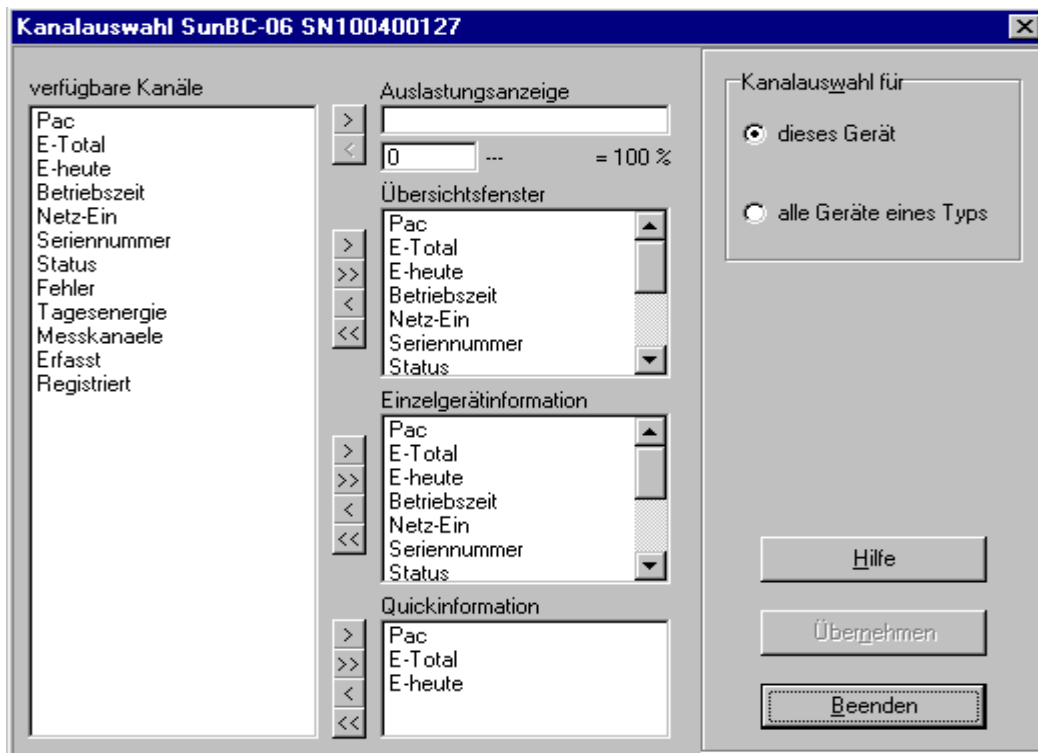


Abbildung 10: Kanalauswahlfenster der Sunny Data Control Software

Sunny Data Control bietet die Möglichkeit, Wechselrichter und den Datenlogger, Sunny Boy Control zu parametrieren um Betriebsarten für einzelne Geräte vorzugeben. Einige Parameter dienen lediglich zur Information über Werkseinstellung, andere dagegen sind einstellbar. Die Abbildung 10 zeigt das Kanalauswahlfenster mit den verfügbaren Messkanälen der Sunny Data Control Software.

Die gestellte Aufgabe setzt eine Verbindung zur Photovoltaik Anlage vom Fachbereich E/I über eine Ethernet Leitung voraus. Um diese Anforderung zu realisieren, wurde nach einer entsprechenden Schnittstelle, in diesem Fall einem Mikrocontroller, gesucht. Dabei wurde der Mikrocontroller SC 12 der Firma Beck ausgewählt. Nach eingängiger Überprüfung, erfüllte der Mikrocontroller alle geforderten Kriterien, zum Beispiel sollte der Mikrocontroller über analoge Eingänge verfügen. Mit Hilfe der mitgelieferten Software ist es möglich per ftp-Server auf den Speicher des Mikrocontrollers zuzugreifen. Dadurch können selbst entwickelte Programme übertragen werden. Mittels eines Terminal-Programms lassen sich diese Programme dann starten.

Im Folgenden werden die Grundlagen des Mikrocontroller SC 12 erläutert.

4 Der Mikrocontroller SC 12

Bei dem IPC@Chip der Firma Beck handelt es sich um einen kompakten 16-bit Mikrocontroller mit je 512K RAM und Flash Speicher für Programme. Der Mikrocontroller leistet eine Taktfrequenz von 20 MHz. Er verfügt über mehrere programmierbare I/O Schnittstellen, wozu auch der I²C-Bus zählt. Zusätzlich ist eine Netzwerkanbindung integriert, somit ist auch der Umgang mit dem Internetprotokoll TCP/IP möglich, sowie auch diverse Server. Die technischen Besonderheiten sind dem Datenblatt zu entnehmen. Er kann sowohl über die Netzwerkschnittstelle, als auch über die serielle Schnittstelle angesteuert werden. Der Mikrocontroller arbeitet auf der DOS Ebene und kann fast mit den gleichen Befehlen angesteuert werden. Der Chip ermöglicht die Abarbeitung mehrere Prozesse parallel. Die Programme werden über die serielle Schnittstelle oder über das ftp in den Chip geladen. Die Überwachung des Systems wird entweder über das Terminal (Netzwerk) oder über die serielle Schnittstelle vorgenommen.

Da mit Hilfe des Mikrocontrollers eine ethernetfähige Verbindung zwischen dem Datenlogger und einem PC realisiert werden soll, werden im Folgenden einige Grundlagen zum Thema TCP/IP Protokoll, Ethernet und zur Datenübertragung erläutert. Siehe [12]

4.1 Das TCP/IP Netzwerkprotokoll

Die Bedeutung des Internetprotokolls ist eng mit der Geschichte der Entwicklung des Internets verknüpft. Erst als sich das Internet längst etabliert hatte, wurde es später zum Standardprotokoll in Netzwerken. Die Hersteller von Betriebssystemen haben lange Zeit eigene Netzwerkprotokolle eingesetzt, die erst allmählich mit der Verbreitung des Internets verdrängt wurden. So mussten die Einwahlkomponenten von Hand konfiguriert werden. Mit dem Aufkommen modernerer Betriebssysteme (z.B. Linux oder Windows ab Version 2000) und dem Einsatz von Netzwerkservers, ist die Konfiguration des Internetprotokolls für den Anwender praktisch entfallen, was eine wichtige Voraussetzung für dessen Erfolg war. Inzwischen sind die verschiedenen Netzwerkprotokolle durch TCP/IP weitgehend abgelöst. Die vielseitige Anwendung des Protokolls, macht es zukunftssicher. Theoretisch sind in Zukunft auch IP-Verbindungen zu weiteren Hardwarekomponenten denkbar, da die Implementierung durch die Offenheit dieses Standards grundsätzlich einfach ist. Siehe [9]

4.2 Ethernet

Ethernet Netzwerke ermöglichen den Datenaustausch in Form von Datenrahmen mit allen in einem lokalen Netz (LAN) verbundenen Geräten (Computer, Drucker und dergleichen). Ethernet ist heutzutage der meist genutzte Netzwerkstandard. 1996 waren bereits knapp 86% aller bestehenden Netzwerke in dieser Datennetztechnik realisiert. Zu Beginn war bei der Datenübertragung mittels Ethernet nur eine Übertragungsgeschwindigkeit von 10 Mbit/s möglich. Mit Hilfe des verbesserten Fast Ethernet, eine Weiterentwicklung von Ethernet, ist eine Übertragungsgeschwindigkeit von bis zu 100 Mbit/s möglich. Die Ethernet-Technik verbindet heutzutage per Glasfaser oder Funk auch Geräte über weite Entfernungen. Ethernet umfasst die Festlegungen der Kabelarten und Stecker, sowie die Beschreibung der Signalisierung für die Bitübertragungsschicht und legt gleichzeitig Paketformate und Protokolle fest. Alle in einem lokalen Netz vorhandenen Teilnehmer erhalten alle verschickten Datenpakete. Dies umfasst auch die Datenpakete, die für die anderen Teilnehmer bestimmt sind. Es werden aber nur die Pakete verarbeitet, die an sie, mit der entsprechenden Kennung, adressiert sind. Die Ethernetadresse wird vom Hersteller bestimmt. Die Adresse ist ein 6-Byte-Wert und sieht beispielsweise so aus: 00-D2-1A-00-3C-0B. Dieser, in hexadezimaler Schreibweise angegebene Wert, wird dann als Merkmal in die jeweilige Netzwerkkarte gedruckt. Um eine Verwechslung von Endgeräten zu vermeiden, ist jede Ethernetadresse weltweit einmalig. Siehe [10]

4.3 Datenübertragung

Bei serieller, asynchroner Datenübertragung werden einzelne Bits nacheinander über eine Leitung übertragen, wobei der Ruhezustand der Übertragungsleitung dem Pegel einer logischen 1 entspricht. Die Übertragung eines Bytes, bestehend aus bis zu acht Bits, beginnt mit einem Wechsel des Pegels. Das Startbit wird also als logische 0 gesendet. Als nächstes werden nacheinander fünf bis acht Datenbits, beginnend mit dem niederwertigsten Bit (LSB), ausgegeben. Danach folgt das letzte Datenbit, das Paritätsbit, das zur Erkennung von Übertragungsfehlern dient. Es bewirkt, dass bei gerader (EVEN) Parität ein Bit hinzugefügt wird, wenn die Anzahl der Datenbits ungerade ist. Entsprechend wird bei ungerader (ODD) Parität überwacht, ob eine ungerade Anzahl von 1-Bits übertragen wurde. Das Ende des Zeichens wird durch ein oder zwei Stoppbits markiert.

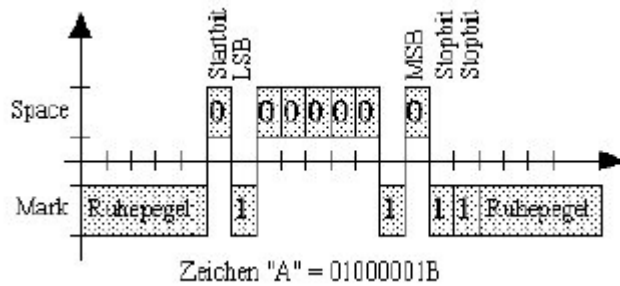


Abbildung 11: Serieller asynchroner Datentransfer [12]

Alle Bits werden sequentiell mit einer Geschwindigkeit von wahlweise 50 bis 115200 Baud gesendet. Abbildung 11 zeigt ein Beispiel einer seriellen, asynchronen Datenübertragung. In diesem Fall wird die Übertragung des Buchstabens A gezeigt.

Um den Verlust von Daten zu vermeiden, muss der Empfänger die Datenübertragung anhalten können, wenn dieser keine weiteren Daten mehr verarbeiten kann. Diese Möglichkeit wird Handshake genannt, und kann auf zwei Arten realisiert werden:

Hardware-Handshake: Der Empfänger sperrt über seine Steuer-Leitungen die Handshake-Eingänge des Senders.

Software-Handshake: Zur Steuerung des Datenflusses sendet der Empfänger spezielle Zeichen an den Sender. Siehe [12]

Um die Kommunikation zwischen dem Mikrocontroller und dem Sunny Boy Control zu realisieren, muss ein Programm entwickelt werden, das zum Beispiel die Übertragungsrate und die Parität des Datenloggers berücksichtigt.

4.4 Kommunikation zwischen Sunny Boy Control und dem SC 12

Wie schon erwähnt, muss ein Programm eingebunden werden, das die Kommunikation zwischen dem Mikrocontroller und dem Datenlogger ermöglicht. Dabei ist darauf zu achten, dass die Einstellungen so gewählt werden, wie sie vom Sunny Boy Control vorgegeben werden.

Die Firma Beck stellt auf ihrer Homepage einige Beispiel Programme zur Verfügung. Dabei

handelt es sich um API Beispiele. Die Abkürzung API steht für Application Programming Interface und beschreibt die Schnittstelle des Betriebssystems oder eines Programms, das auf andere Applikationen zurückgreift, um auf dieses Betriebssystem zuzugreifen oder dieses zu steuern.

In diesem Fall wurde als Basis des Programms das Beispiel für das Senden und Empfangen von Zeichen über eine serielle Schnittstelle gewählt. Dieses Beispiel wurde soweit angepasst, dass es die Kommunikation zwischen dem Sunny Boy Control und dem Mikrocontroller SC 12 ermöglicht. Das so geschriebene und erfolgreich kompilierte Programm kann dann mit Hilfe einer ftp-Verbindung in den Arbeitsspeicher des Mikrocontrollers geladen werden. Im Terminal-Fenster wird dann der Programmname eingegeben und so das Programm gestartet.

Damit eine eigenständige Visualisierung ermöglicht werden kann, sollen die zu übertragenden Daten nicht mit der Sunny Data Control Software zur Anzeige gebracht werden, sondern in einer Datenbank gespeichert, und mit Hilfe des Anwendungsprogrammes LabVIEW weiterverarbeitet werden.

Um dies zu ermöglichen, stellt die Firma SMA auf ihrer Homepage die YASDI Software zur Verfügung, die den Datentransfer ohne direkte Visualisierung ermöglicht.

4.5 Die YASDI Software

Der Name YASDI steht für **Y**et **A**nother **S**MA **D**ata **I**mplementation. Die Software implementiert die Kommunikation per SMA-Data-Protokoll über Sunny-Net und SMA-Net mit SMA-Geräten (u.a. Sunny Boy-Wechselrichter) als ein Treibersystem ohne eine eigene grafische Oberfläche. Siehe [13]

„Die Software wurde so ausgelegt, dass sie einfach an andere Umgebungen (Betriebssysteme) angepasst werden kann. Die Software ist in C geschrieben und ermöglicht eine größtmögliche Portabilität auf mögliche andere Zielplattformen.“ Siehe [13]

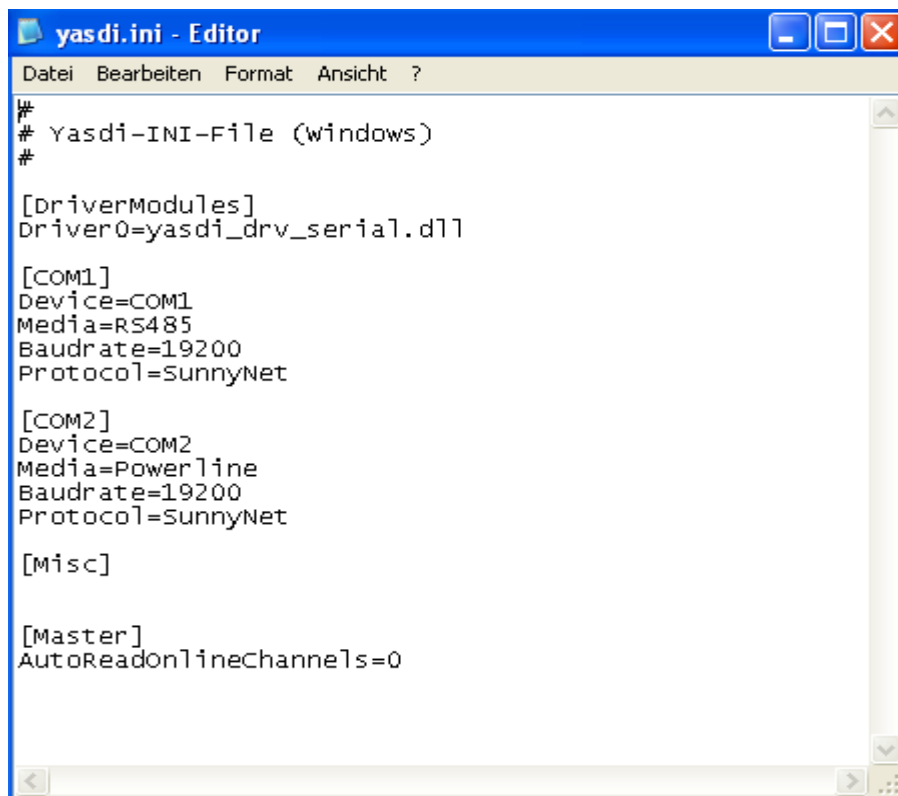
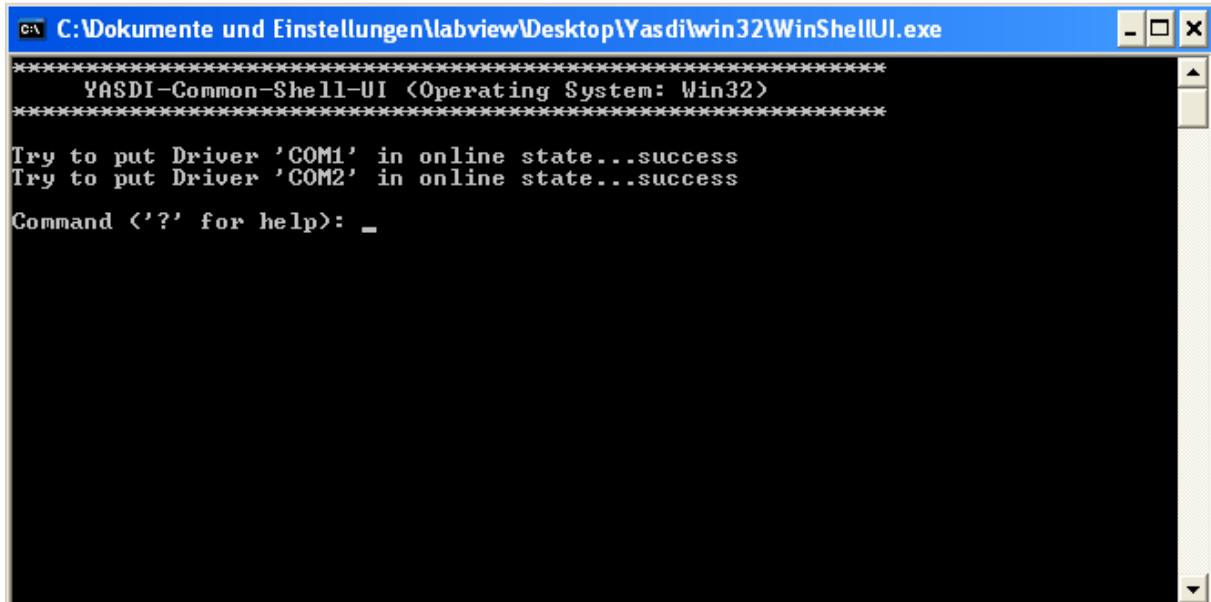


Abbildung 12: YASDI Editor für Grundeinstellungen

Bevor die Software, in diesem Fall für die Windows Umgebung, gestartet wird, müssen in dem zur Software gehörendem Editor die grundlegenden Einstellungen angepasst werden. Wie in Abbildung 12 zu sehen ist, können individuelle Einstellungen für beide COM Schnittstellen vorgenommen werden. Je nachdem, ob die Schnittstelle COM1 oder COM2 gewählt wurde, müssen die Bedingungen für die Kommunikation entsprechend dem Handbuch des Sunny Boy Controls vorgenommen werden. Es muss die richtige Baudrate,

hier: 19200, gewählt werden. Des Weiteren muss die Art der Kommunikationsübertragung bestimmt werden. Es kann zwischen RS232, RS485 und Powerline entschieden werden. Um die Kommunikation mit dem Sunny Boy herzustellen, wurde die RS485 Schnittstelle, sowie SunnyNet als Übertragungsprotokoll gewählt.



```
C:\Dokumente und Einstellungen\labview\Desktop\Yasdi\win32\WinShellUI.exe
*****
YASDI-Common-Shell-UI (Operating System: Win32)
*****
Try to put Driver 'COM1' in online state...success
Try to put Driver 'COM2' in online state...success
Command '<?' for help>: _
```

Abbildung 13: Das YASDI-Programm nach dem Startaufruf

Nachdem die Voreinstellungen entsprechend geändert wurden, kann nun die YASDI Software gestartet werden. In Abbildung 13 ist das Programm nach dem Startaufruf zu sehen. Die YASDI Software findet angeschlossene Geräte durch einen scan der Schnittstellen COM1 und COM2. Mit Hilfe des Programms werden die Daten der entsprechenden gewählten Kanäle in dem Terminal Fenster angezeigt. Die Software ist so ausgelegt, dass sie ausschließlich nur die COM Schnittstellen nach einer Verbindung überprüft. Dies hat zur Folge, dass Geräte die nicht an den COM Ports angeschlossen sind, von der Software nicht erkannt werden können. Da der Mikrocontroller über den Netzwerkeingang mit dem Computer verbunden ist, kann die YASDI Software den Mikrocontroller nicht erkennen und somit auch keine Daten von ihm empfangen.

```

C:\Dokumente und Einstellungen\labview\Desktop\Yasdi\win32\WinShellUI.exe
*****
YASDI-Common-Shell-UI (Operating System: Win32)
*****

Try to put Driver 'COM1' in online state...success
Try to put Driver 'COM2' in online state...success

Command (<'?' for help): e5
Count of devices to search:Searching, please wait...
Ok, I have found at least 5 devices:
-----
Device handle | Device Name
-----
1             | 'SunBC-19 SN:106398789'
103          | 'WR30-005 SN:2000019170'
154          | 'WR30-005 SN:2000019166'
205          | 'WR30-005 SN:2000019169'
256          | 'WR30-005 SN:2000018930'
307          | 'WR30-005 SN:2000019168'
-----

Command (<'?' for help): _

```

Abbildung 14: Das YASDI-Programm nach erfolgreichem Scan

Anhand der Abbildung 14 sieht man, dass die Software nach einem scan der COM Schnittstellen alle Wechselrichter, die mit dem Hausnetz verbunden sind, gefunden hat. Des Weiteren wird auch der Sunny Boy Control zur Anzeige gebracht. Alle Geräte werden mit ihrer jeweiligen Seriennummer aufgelistet. Es werden auch Nummern für die Geräte vergeben, um die Möglichkeit zu bieten, einzelne Wechselrichter auszuwählen.

Die Software stellt eine Reihe von Befehlen zur Verfügung mit denen man die einzelnen Messwertkanäle der Wechselrichter zur Anzeige bringen, einen Neustart ausführen oder das Programm beenden kann. In dem nächsten Kapitel wird zunächst eine Auflistung aller Befehle für das YASDI-Programm angeführt. Die Aufzählung zeigt, welche Möglichkeiten das Programm bietet.

4.6 Liste aller Befehle

? => This list

Zeigt die Liste aller Befehle

e => Detection of connected devices <device count>

Suche nach angeschlossenen Geräten (Wechselrichter, Datenlogger)

d => Print device list

Drucken der Liste angeschlossene Geräte”

a => Show spot channel values

Zeigt die Messwerte der ausgewählten Kanäle

p => Show parameter channel values

Zeigt die Parameterwerte

s => Write parameter

Ermöglicht die Änderung von Parametern

r => Reset

Neustart

h => Stop/Start <0|1>

Datenübertragung starten/stoppen

x => Shut down

Verbindung zur Datenquelle schliessen

q => Quit

Programm beenden

4.7 Erfassung der Wechselrichter

In Abbildung 15 ist in der ersten Zeile der Befehl a103 zu sehen. Das a steht für den Befehl Anzeige aller Messwert-Kanäle und die Zahl 103 ist die Kennung eines der Wechselrichter (siehe Abbildung 13). Der Wechselrichter wird in der zweiten Zeile aufgeführt. Dabei wird zum einen das Modell beschrieben, hier: WR30-005 und seine Seriennummer, hier: SN:2000019170. Der Befehl a103 bringt also die jeweilige Nummer der Kanäle, den Namen des entsprechenden Messkanals und der gemessene Wert zur Anzeige.

In der Spalte Channel value (Kanal Messwert) ist keine ermittelte Größe (unknown) zu erkennen, da keine Verbindung zwischen der YASDI-Software und dem Mikrocontroller SC 12 besteht.

```

C:\Dokumente und Einstellungen\labview\Desktop\Yasdi\win32\WinShellUI.exe
Command '<?' for help>: a103
Device handle: Device 'WR30-005 SN:2000019170' has 18 Spot channels:
Reading channel values, please wait...
-----
Channel handle | Channel Name | Channel value |
-----
134 | Upv-Ist | '<unknown>'
135 | Upv-Soll | '<unknown>'
136 | Iac-Ist | '<unknown>'
137 | Uac | '<unknown>'
138 | Fac | '<unknown>'
139 | Pac | '<unknown>'
140 | Zac | '<unknown>'
141 | Riso | '<unknown>'
142 | Ipv | '<unknown>'
144 | Aktives Team | '<unknown>'
145 | E-Total | '<unknown>'
146 | h-Total | '<unknown>'
147 | h-On | '<unknown>'
148 | Netz-Ein | '<unknown>'
150 | Seriennummer | '<unknown>'
151 | Status | '<unknown>'
152 | Teamfunktion | '<unknown>'
153 | Fehler | '<unknown>'
Command '<?' for help>:

```

Abbildung 15: Das YASDI-Programm nach der Auswahl eines Wechselrichters mit den entsprechenden Messkanälen

Ohne diese Verbindung kann der Sunny Boy Control nicht auf die Daten der PV-Anlage zugreifen und es kommt somit zu einem unzureichenden Ergebnis. Mit Hilfe der Software ist es nicht möglich die Netzwerkkarte und somit das daran angeschlossene Gerät über einen scan zu erfassen. Um dies zu ermöglichen, wäre es notwendig, die Software der Firma Beck dahingehen zu modifizieren. Dies wäre sehr aufwendig und hätte mit dem Thema der Diplomarbeit nicht mehr viel zu tun.

Da die Zielvorgabe der Diplomarbeit darin besteht, die Kommunikation über eine Ethernet Verbindung zu realisieren, ist es nicht möglich mit Hilfe der Software und dem Mikrocontroller SC 12 der Firma Beck diese Forderung zu erfüllen.

Daraufhin wurde entschieden, dass diese Vorgaben nur mit Hilfe der Sunny WebBox zu erfüllen seien. Die Sunny Web Box der Firma SMA ist ebenso wie der Sunny Boy Control ein Datenlogger, der selbstständig alle Messdaten der ausgewählten Kanäle in einer Datei speichert. Diese Datei kann über eine Ethernet Verbindung und mittels eines integrierten ftp-Servers übertragen werden. Auf die Installation und Bedienung der Sunny WebBox wird im folgenden Kapitel eingegangen.

5 Die Sunny WebBox

Die Sunny WebBox ermöglicht eine Ethernet Verbindung zwischen der Solaranlage und dem Betreiber. Der direkte Anschluss an das Sunny Portal über das Internet bringt neue Möglichkeiten der Datenauswertung und -visualisierung auf dem PC mit einem Internet Browser. Der Datenlogger wird auf einer Hutschiene im Technikraum montiert und an das Netzwerk der HAW angeschlossen. Somit ist sie von jedem Rechner der Hochschule erreichbar.

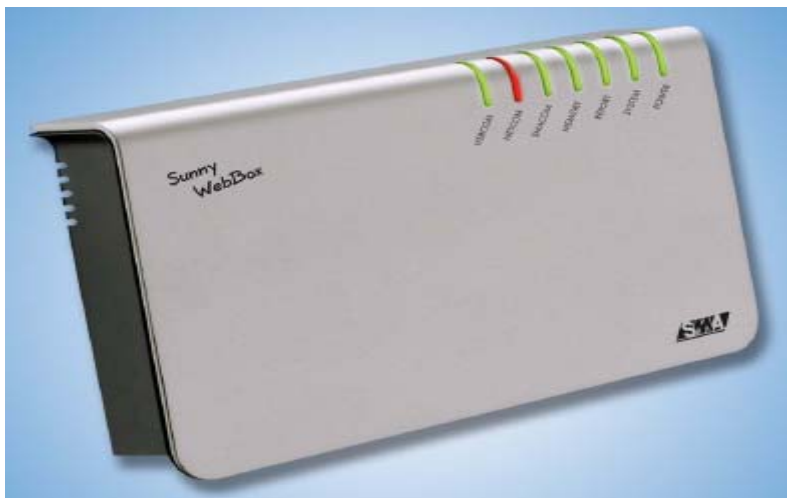


Abbildung 16: Die Sunny WebBox [14]

Die Sunny WebBox unterstützt Kommunikationsarten wie RS232, RS485 und Powerline (Netzleitungskommunikation). Der Zugriff auf die Sunny WebBox durch den Benutzer erfolgt über Ethernet, die Übertragung der Daten erfolgt über eine bestehende Internetverbindung. Die Sunny WebBox verfügt über einen integrierten Netzwerkanschluss, mit dem sie an jedes Ethernet-Netzwerk angeschlossen werden kann. Der Anschluss unterstützt sowohl Ethernet als auch Fast Ethernet-Netzwerke, die Umschaltung der Geschwindigkeit erfolgt automatisch mit dem angeschlossenen Hub, Router oder PC. Für die Verbindung über Powerline, die in diesem Fall die Datenübertragung ermöglicht, wird das SMA Powerline Steckermodem SWR-COM-USB benötigt. Dieses Modem ist die Schnittstelle zwischen den Wechselrichtern und der Sunny WebBox”, und übernimmt die Datenübertragung der Wechselrichter. Die WebBox bietet ansonsten dieselben Funktionen, wie der Datenlogger Sunny Boy Control. Siehe [14]

Bei einer ersten Inbetriebnahme war es jedoch nicht möglich, mit Hilfe der WebBox die Wechselrichter der Solaranlage zu erfassen. Dieses sollte jedoch laut Hersteller ohne Probleme möglich sein. Da die Kommunikation, wie schon erwähnt, über die Hausverteilung betrieben wird, wurde bei einem erneuten Versuch, zunächst mit Hilfe des Sunny Boy Control, versucht, die Wechselrichter zu erfassen. Danach wurde die Web Box an dieselbe Steckdose angeschlossen. Der Anschluss erfolgte wie in Abbildung 17 zu sehen, wobei sich zwischen den Wechselrichtern und der Steckdose noch der Schaltschrank der Solaranlage befindet.

Während es mit dem Sunny Boy Control bei der Datenerfassung keine Probleme gab, kam mit Hilfe der Web Box keine Verbindung mit der Anlage zustande. Bei dem Versuch, Daten aller fünf Wechselrichter zu erhalten, wurde in unregelmäßigen Abständen, maximal ein Wechselrichter erfasst. Dieser war anhand der übertragenen Seriennummer zu erkennen. Es war aber nicht möglich, auf diesen Wechselrichter zuzugreifen. Bei der Auswahl dieses Wechselrichters, kam es zum Absturz der Seite, die die angeschlossenen Geräte anzeigt. Beim erneuten laden der Seite, war der zuvor erfasste Wechselrichter nicht mehr im Verzeichnisbaum zu sehen.

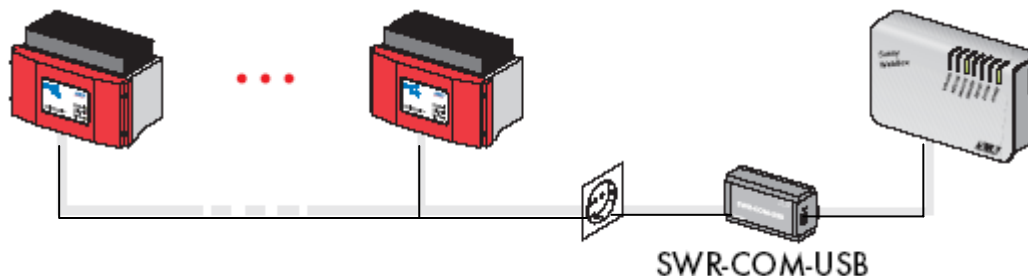


Abbildung 17: Aufbau der Kommunikation von Wechselrichtern und WebBox mittels SWR-COM Modems [14]

Nachdem dieses Problem mehrfach mit der Herstellerfirma SMA per Telefonhotline diskutiert wurde, wurde darauf hingewiesen, dass es durch den PC-Pool der sich im selben Stockwerk befindet, zu Störungen kommen kann. Durch die Netzurückwirkung in der Hausverteilung, durch den PC-Pool, kann die hochfrequente Datenübertragung gestört und verfälscht werden. Es wurde dazu geraten, dass SWR-COM Modem direkt hinter den Wechselrichtern anzuschließen, um die Signale nicht zu verfälschen. Nachdem dieser Rat der Firma befolgt wurde, stellte sich immer noch kein Erfolg, bei dem Versuch eine funktionierende

Kommunikationsleitung zwischen Solaranlage und der Sunny Web Box herzustellen, ein.

Nach erneuter Rücksprache mit der Firma SMA sollte sich die Kommunikation über das Hausnetz verbessern, indem pro Phase eine Bandsperre installiert wird. Als weitere Maßnahme wurde auf Anraten ein Phasenkoppler in die Verteilung eingebaut. Die Verdrahtung in dem Schaltschrank der Solaranlage sollte dann idealerweise so aussehen, wie der Schaltplan der Firma SMA, der in dem Handbuch der Sunny Web Box abgebildet ist. In Abbildung 18 sind die Positionen der Bandsperren und des Phasenkopplers zu sehen. Im nächsten Kapitel wird näher auf den Aufbau des Solarschaltsschranks und auf die Einspeisung in die Hausverteilung eingegangen.

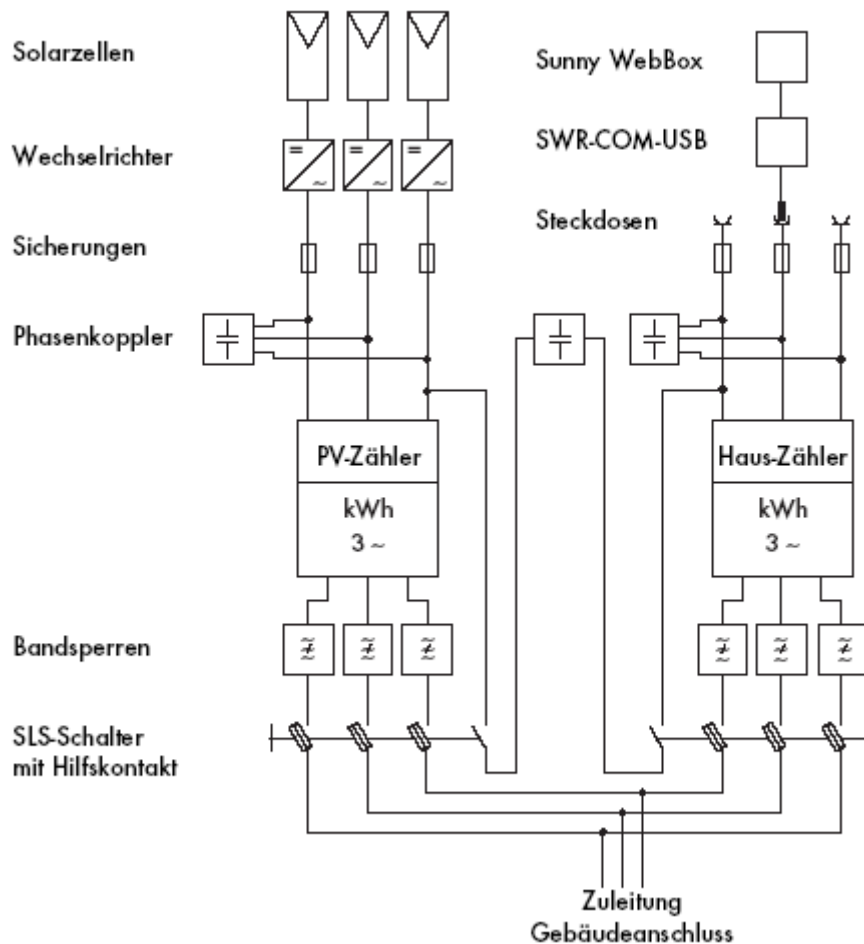


Abbildung 18: Anschlussplan der Firma SMA für die Hausverteilung [14]

5.1 Aufbau der Einspeisung in die Hausverteilung

In Abbildung 18 ist der Aufbau der Einspeisung in die Hausverteilung zu sehen. Da Phasenkoppler und Bandsperren erst später in die Hausverteilung eingefügt wurden, war der Aufbau zu Beginn der Diplomarbeit noch ohne diese Elemente. Bei diesem Aufbau ist das SWR-COM-USB Modem an eine der Steckdose angeschlossen, die hinter dem Hauszähler liegt. Im aktuellen Aufbau des Solarschaltschrankes ist das Modem, wie von der Firma SMA angeraten, zwischen den Bandsperren und dem PV-Zähler angeschlossen. Dies ermöglicht nun den störungsfreien Betrieb des Modems, da die Rückwirkung von Störsignalen durch die Bandsperren verhindert wird. Die Daten der Wechselrichter, die an andere Phasen angeschlossen sind, werden über einen Phasenkoppler eingekoppelt.

Durch den Einbau der Bandsperren direkt hinter dem Zähler der Solaranlage, sollen die hochfrequenten Störungen in der Hausnetzverteilung, die durch den PC-Pool und auch durch diverse Leuchtstoffröhren in diesem Stockwerk erzeugt werden, unterbunden werden. Die Bandsperre wirkt dabei wie ein Tiefpass und schneidet die hohen Störfrequenzen ab. Somit verbessert sich das zu übertragende Signal.

Der Phasenkoppler dient ebenfalls zur Verbesserung der Kommunikation über das Hausnetz. Dabei verbindet der Phasenkoppler alle drei Phasen und ermöglicht so der Web Box, alle Wechselrichter gleichzeitig zu erkennen. Ohne den Phasenkoppler kann es passieren, dass sich der Datenlogger auf einer Phase nur mit einem oder zwei Wechselrichter verbinden kann, oder dass gar keine Verbindung zustande kommt.



Abbildung 19: Aufbau Solarschaltsschrank

Um die oben aufgeführten Verbesserung der Hausnetzkommunikation zu erreichen, wurden die Bandsperren und der Phasenkoppler bestellt. Mit Hilfe von Herrn Professor Moré wurden diese Komponenten an den entsprechenden Stellen im Solarschaltsschrank eingebaut. Es wurden ebenfalls das Modem und der Datenlogger in den Schaltschrank integriert. Wie in Abbildung 19 zu sehen, bietet der Schaltschrank genügend Platz. Von den 5 Wechselrichtern kommen 2 Drehstromkabel, die an der Klemme links oben im Schrank angeschlossen sind. Die Kabel werden von oben durch den Schaltschrank geführt. Von den Klemmen werden die Kabel auf den Einspeise-Hauptschalter geführt. Bei einer Netztrennung, durch Betätigung Hauptschalter, schalten die Wechselrichter selbsttätig ab. Vom Abgang der Hauptschalter geht die Verbindung zu den drei Phasenkopplern, die die schon beschriebene Netzurückwirkung unterdrücken sollen. Von dort geht die Verdrahtung weiter zum Einspeisezähler der HAW und von dort zum dreiphasigen Leistungsmesser für den Datenlogger. Vom Einspeisezähler geht noch eine Datenleitung zur Telefonanschlusdose. Vom Datenlogger gibt es auch einen Anschluss zur Telefondose um die Daten zur Firma

Conergy zu übermitteln. Die Daten werden in einem Takt von 15 Minuten übertragen und auf der Internetseite www.sunreader.de visualisiert.

Das Modem der Sunny WebBox wurde an eine Steckdose angeschlossen, die vor den Phasenkopplern installiert wurde, um störungsfrei Daten zu empfangen. Die Stromversorgung der WebBox wurde ebenfalls mit einer Steckdose, die auf eine Hutschiene geklemmt wurde, realisiert. Um sich mit dem Datenlogger zu verbinden, muss noch ein Netzkabel aus dem Solarschaltschrank geführt werden, um die Brandschutzbestimmungen einzuhalten. Im Moment kann nur bei geöffneter Tür eine Verbindung mit der WebBox hergestellt werden.

5.2 Zugriff auf die Sunny WebBox

Nachdem alle Vorschläge der Firma SMA zur Verbesserung der Kommunikation zwischen Wechselrichtern und Datenlogger befolgt wurden, und sich trotzdem kein Erfolg einstellte, gab es zunächst keine weitere Möglichkeit, ein Zustandekommen der Verbindung zu bewirken. Dann stellte sich nach einem erneuten Telefongespräch heraus, dass die Firmware der WebBox eventuell veraltet sein könnte. Nach dem ein Update der Firmware vorgenommen wurde, konnte die Verbindung zwischen den fünf Wechselrichtern und dem Datenlogger hergestellt werden. Das erfolgreiche Erfassen der Wechselrichter durch die WebBox ist eineinhalb Jahre nach ihrem Kauf letztlich möglich. Im nächsten Abschnitt wird die Bedienung der WebBox erläutert.

Die Wechselrichter der Solaranlage können die Daten über verschiedene Kommunikationsarten zur Sunny Web Box" schicken. Wird jetzt eine Verbindung zwischen der WebBox und einem PC durch ein Ethernet Kabel hergestellt, ist es möglich auf den ftp-Server des Datenloggers zuzugreifen. Mit Hilfe des Microsoft Internet Explorers und der entsprechenden IP-Adresse ist es möglich auf die Homepage der WebBox zu gelangen. Bevor Änderungen an den Einstellungen vorgenommen werden können, ist es erforderlich sich über ein Passwort auf der Homepage anzumelden. Das Passwort lautet bei Werksauslieferung sma.

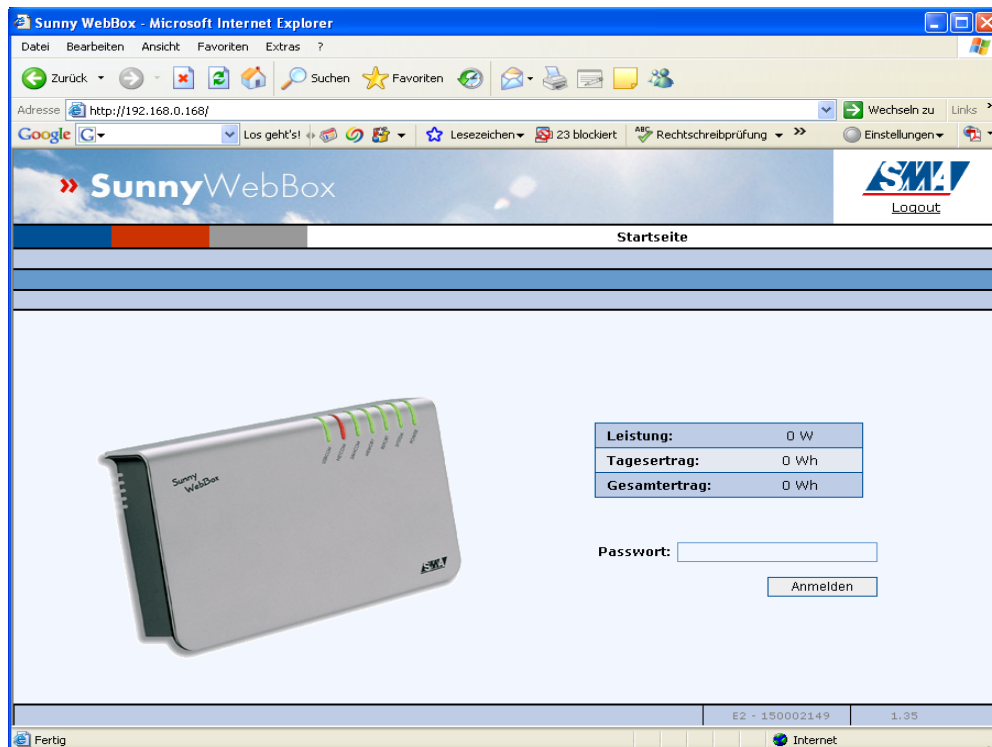


Abbildung 20: Startseite der Sunny WebBox

Abbildung 20 zeigt die Startseite der Sunny WebBox. In der Adressenleiste ist die IP-Adresse zu sehen, mit der man die Startseite aufruft. Mit der Eingabe des Passwortes kann man auf alle Seiten zugreifen und die Momentanwerte der PV-Anlage betrachten. Um eine Verbindung aufzubauen und so auf die Sunny Web Box zugreifen zu können, müssen PC und die Sunny Web Box im gleichen IP-Adressbereich und im gleichen Subnetz liegen. Bei Auslieferung hat die Sunny Web Box folgende Einstellungen:

- IP-Adresse: 192.168.0.168
- Subnetzmaske: 255.255.255.0

Nach erfolgreicher Anmeldung, können Parameter geändert, oder Menüpunkte ausgewählt werden. Um die Wechselrichter zu erfassen, ist darauf zu achten, dass das richtige Übertragungsprotokoll ausgewählt wird. In diesem Fall ist das Übertragungsprotokoll SMA-NET zu wählen. Dann ist die Einstellung der richtigen Schnittstelle zu wählen. Unterschieden wird zwischen ETHERNET und SMA-COM. Um die Wechselrichter über die Hausnetzverteilung zu erfassen, muss auf SMA-COM-Schnittstelle eingestellt werden. Dann kann die Maske Erfassung aufgerufen, und die Anzahl der zu erfassenden Geräte eingegeben

werden. Danach muss nur noch die Erfassung gestartet werden und die WebBox beginnt nun nach allen angeschlossenen Wechselrichtern zu suchen und gleichzeitig wird der Fortschritt der Suche in einem Fenster visualisiert.

Je nachdem, wie groß die räumliche Ausdehnung der PV-Anlage und die Anzahl der Wechselrichter ist, dauert die Erfassung unterschiedlich lange. Wenn nach einer Minute kein Fortschritt von der Sunny WebBox signalisiert wird, dann liegt ein Problem bei der Kommunikation vor. Es kann sein, dass die Signalstärke der Wechselrichter zu schwach ist, oder dass es zu viele Störungen in der Hausverteilung gibt.



Abbildung 21: Verzeichnisbaum der Sunny Web Box

Nach erfolgreicher Suche werden die Geräte mit der zugehörigen Seriennummer angezeigt. Des Weiteren werden alle erfassten Wechselrichter angezeigt und die jeweils ausgewählten Datenkanäle. In Abbildung 21 sind die fünf Wechselrichter mit ihrer jeweiligen Seriennummer zu sehen. Durch Anklicken eines Wechselrichters wird ein Verzeichnisbaum geöffnet, in dem Parameteränderungen vorgenommen werden können. Durch die erfolgreiche Übertragung der Messdaten, ist es nun möglich, die Daten der Solaranlage mit Hilfe des Anwendungsprogramm LabVIEW zu verarbeiten und zu visualisieren.

Um die Anbindung der Photovoltaik Anlage über eine Ethernet Leitung besser nachvollziehen zu können, ist diese in Abbildung 22 in einer vereinfachten Übersicht zu sehen. In der Abbildung ist die Verbindung der Solaranlage mit dem Schaltschrank zu sehen. Von dort

werden die Daten über die Kommunikationsleitung zum Fachbereich E/I übertragen. Als Schnittstellen fungieren zum einen die Sunny WebBox als Datensender, und der PC als Datenempfänger. Auf dem PC läuft dann ein entsprechendes LabVIEW Programm, zur Visualisierung der Daten in einem Diagramm.

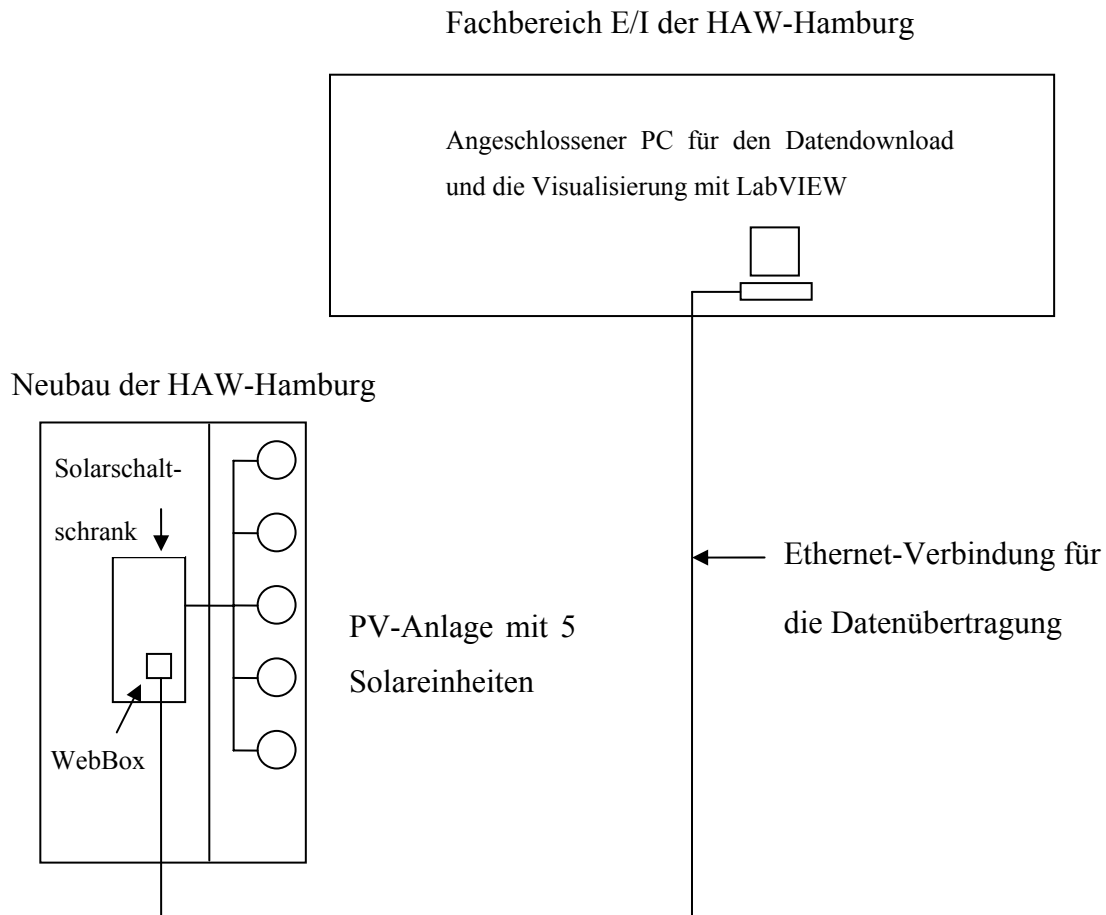


Abbildung 22: Ansicht der Anbindung der PV-Anlage über Ethernet

Das nächste Kapitel gibt einen Überblick über das Anwendungsprogramm LabVIEW, und enthält eine Zusammenfassung zur Entstehung der Programme und eine allgemeine Beschreibung ihrer Funktionsweise. Des Weiteren werden die Programme erläutert, mit deren Hilfe die Daten angezeigt werden können.

6 Das Anwendungsprogramm LabVIEW

Anfang der achtziger Jahre wurde von National Instruments (NI) das Anwendungsprogramm LabVIEW eingeführt, das auf einer graphischen Datenflussmaschine basiert. Mit Hilfe dieser grafischen Entwicklungsumgebung wurden zwei Programmiermethoden miteinander verbunden, zum einen der Datenfluss und zum anderen die strukturierte Programmierung. Diese Methoden wurden in einer einzigen graphischen Programmierumgebung integriert, die sämtliche Elemente einer modernen Benutzeroberfläche bereitstellt. Damit wurde es möglich, grafische Blockschaltbilder zu konstruieren. Wissenschaftlern und Ingenieuren wurde mit LabVIEW ein ähnlich leistungsfähiges Softwarewerkzeug, wie z.B. im Bürobereich die Tabellenkalkulationsprogramme, zur Verfügung gestellt.

LabVIEW gilt heutzutage als wegweisende Engineering Plattform im gesamten Entstehungs- und Lebenszyklus eines Produktes und ist von der Ideenfindung bis zum fertigen Produkt durchgehend zu finden. Das Design und die Modellierung, sowie die Simulation und Prototypenentwicklung bis hin zur Serienfertigung und der damit verbundenen Produkt begleitenden Tests, sind ohne Software heute kaum noch denkbar.

Durch das Konzept der graphischen Programmierung bietet LabVIEW einen erheblichen Vorteil gegenüber textbasierten Programmiersprachen. So können viele Standardapplikationen, wie z. B. Datenerfassung, Datenaufbereitung und Ergebnisdarstellung, durch einfache Konfigurationswerkzeuge schnell und effizient eingesetzt werden, ohne dass beispielsweise eine zeitaufwendige Schnittstellenprogrammierung notwendig wäre. Für Einsteiger bedeutet dies, eine erhebliche Erleichterung und für den Programmier-Experten eine enorme Verkürzung der Entwicklungszeit. Treten hingegen komplizierte oder stark vom Standard abweichende Probleme auf, können diese vorgefertigten Werkzeuge auch eine Einschränkung bedeuten. So müssen viele Blöcke bzw. Unterprogramme neu geschrieben werden. Eine textbasierte Programmierung ist in dieser Hinsicht flexibler. Siehe [15]

6.1 Allgemeines zu LabVIEW Programmen

LabVIEW Programme bezeichnet man als virtuelle Instrumente (VIs). Mit Hilfe der Bedienelemente in einem LabVIEW Programm können Daten zur Eingabe genutzt werden, die Anzeigeelemente hingegen können zur Ausgabe von Daten genutzt werden. Frontpanel-

Objekte erscheinen im Blockdiagramm in Form entsprechender Anschlüsse. Im Blockdiagramm sind die grafischen Quellcodes enthalten. Darüber hinaus werden im Blockdiagramm Funktionen und Strukturen aus den integrierten LabVIEW VI-Bibliotheken zur Anzeige gebracht. Alle Knoten im Blockdiagramm, sowie die Anschlüsse von Bedien- und Anzeigeelementen, Funktionen und Strukturen sind mit anderen Blockdiagrammobjekten verbunden (verdrahtet).

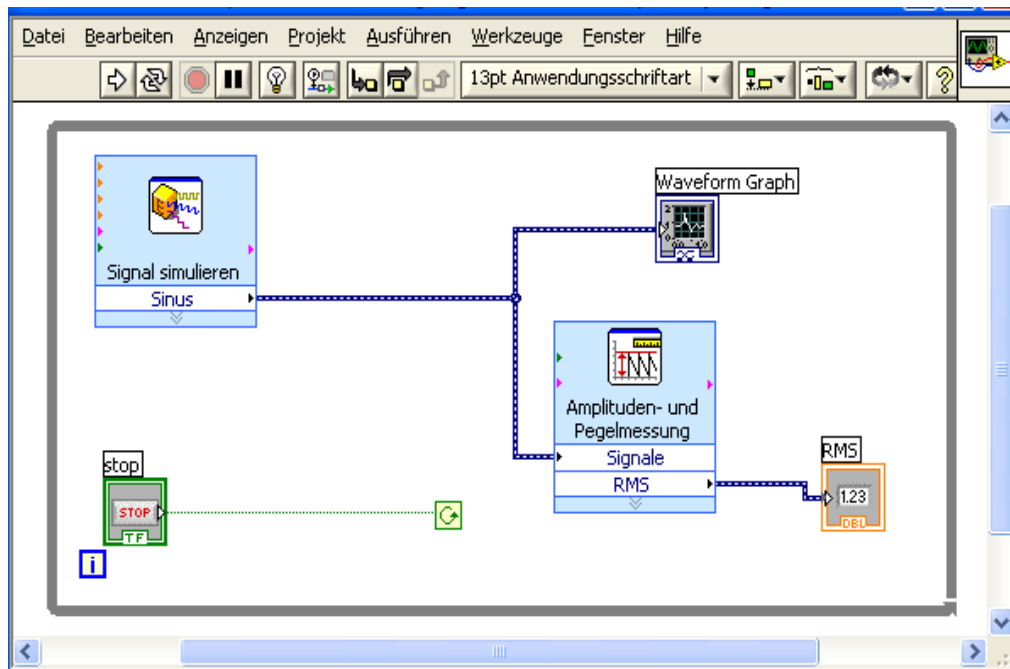


Abbildung 23: Ansicht des Blockdiagramms [15]

Das Frontpanel wird zur Benutzerinteraktion während der Programmausführung verwendet. Es ist möglich die Steuerung des Programms zu übernehmen, ermöglicht aber auch die Änderung von Eingabewerten durch den Anwender sowie die Online- Darstellung der Daten. Die Werte werden über Bedienelemente eingegeben. So lassen sich u. a. Schieberegler zum Einstellen eines Alarmwerts, Kippschalter zum Ein- und Ausschalten sowie Schaltflächen (z.B. Stopp) zum Beenden der Programmausführung bedienen. Anzeigeelemente werden zur Ausgabe von Daten verwendet. Thermometer, LED's und andere Anzeigeelemente werden zum Anzeigen der vom Programm gelieferten Werte verwendet. Bei diesen Werten handelt es sich beispielsweise um Daten, Zustände und andere Informationen. Jedes Bedien- und Anzeigeelement auf dem Frontpanel besitzt einen entsprechenden Anschluss im Blockdiagramm. Bei der Ausführung eines VIs laufen die über Bedienelemente eingegebenen Werte durch das Blockdiagramm. In dem angeführten Beispiel werden die Werte von

Funktionen weiterverarbeitet und die Ergebnisse anschließend an weitere Funktionen und/oder Anzeigeelemente übertragen. Siehe [15]

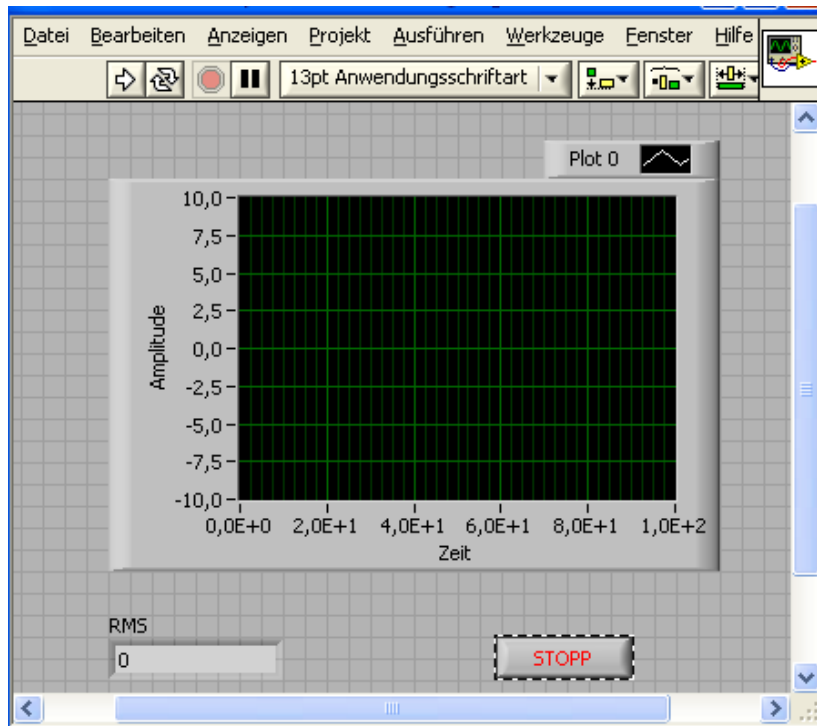


Abbildung 24: Ansicht des Frontpanels [15]

6.2 Erstellen eines VIs

Fügt man auf dem Frontpanel ein Objekt hinzu, so wird ein entsprechender Anschluss im Blockdiagramm sichtbar. Dieser Anschluss ermöglicht das Bearbeiten der Frontpanel-Objekte aus dem Blockdiagramm heraus. Jeder Anschluss beinhaltet Informationen über das Objekt, welches er repräsentiert. Anhand der Farben und Symbole ist der Datentyp zu erkennen, so werden z.B. Fließkommawerte mit doppelter Genauigkeit durch orangefarbene Anschlüsse mit der Bezeichnung DBL dargestellt, Boolesche Anschlüsse hingegen sind grün und werden mit der Bezeichnung TF gekennzeichnet. Dies erleichtert dem Anwender die Programmierarbeiten, da normalerweise nur Anschlüsse derselben Farbe miteinander verbunden werden. Es ist aber auch möglich Anschlüsse mit unterschiedlicher Farbgebung (Format) zu verbinden, z.B. blaue Anschlüsse (Ganzzahlen) mit orangefarbenen Anschlüssen (Bruchzahlen). Es empfiehlt sich jedoch die Kombination gleichfarbiger Anschlüsse. Der Anschluss eines Bedienelementes weist einen Pfeil auf der rechten Seite, sowie eine stärkere Umrandung auf. Beim Anschluss eines Anzeigeelementes hingegen befindet sich der Pfeil

links und die Umrandung ist dünner. Die Verbindung von Objekten ist nur erfolgreich, wenn eine Quelle (z. B. Bedienelementanschluss) mit mindestens einem Ziel (z. B. Anzeigeelementanschluss) verbunden ist. Siehe [15]

6.3 Visualisierung der Echtzeit Daten

Um ein geeignetes Programm zur Visualisierung der Daten zu entwerfen, muss zunächst festgelegt werden, in welchem Format die Daten vorliegen sollen. Bei der Sunny WebBox hat man die Wahl, ob die Messdaten in dem Format cmv oder in dem Format xml gespeichert und übertragen werden. Für das Programm, zur Anzeige der Echtzeitdaten der PV-Anlage, wurde das Datenformat xml gewählt. In Abbildung 23 sieht man einen Auszug aus der im xml Format gespeicherten Datei. Pro übertragenen Kanal, werden vier Werte eines Messkanals festgehalten. Dabei handelt es sich um den ersten sowie um den zuletzt empfangenen, und um den minimalen sowie um den maximalen Wert. Der Wert, der mit <Mean> gekennzeichnet ist, ist der errechnete Mittelwert, aus allen vier Größen.

```
- <MeanPublic>
  <Key>WR25-S01:2000057273:Aktives Team</Key>
  <First>1</First>
  <Last>1</Last>
  <Min>1</Min>
  <Max>1</Max>
  <Mean>1</Mean>
  <Base>85</Base>
  <Period>300</Period>
  <TimeStamp>2006-10-13T12:30:43</TimeStamp>
</MeanPublic>
- <MeanPublic>
  <Key>WR25-S01:2000057273:E-Total</Key>
  <First>20461.25</First>
  <Last>20461.433</Last>
  <Min>20461.25</Min>
  <Max>20461.433</Max>
  <Mean>20461.342682</Mean>
  <Base>85</Base>
  <Period>300</Period>
  <TimeStamp>2006-10-13T12:30:43</TimeStamp>
</MeanPublic>
```

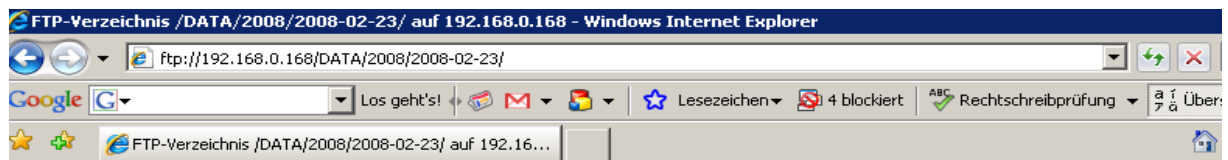
Abbildung 25: Auszug aus einer Datei im xml Format

Die Datei überträgt ebenfalls einen Zeitstempel, damit erkennbar ist, zu welcher Zeit die Daten aktuell waren. Im Menü der Sunny Web Box lässt sich die Aktualisierung der

Messdatenerfassung einstellen. Es können die Daten in verschiedenen Zeitabständen übertragen werden. Die Bandbreite der Abfrage liegt zwischen minimal 5 Minuten und maximal einer viertel Stunde. In Abbildung 25 ist zu sehen, dass die Messdatenkanäle Aktives Team und E-Total übertragen wurden, sowie die Seriennummer des aktiven Wechselrichters. Der Kanal Aktives Team zum Beispiel zeigt an, wie viele Wechselrichter ihre Daten gleichzeitig übertragen.

Um eine geeignete Darstellung zu realisieren, muss der Zeitstempel ins Verhältnis zu den Messwerten gesetzt werden. Das heißt, jedem Messwert wird eine Uhrzeit zu geordnet. In dem vorliegenden Programm, zur Visualisierung der Daten, wurde exemplarisch der Messkanal E-total und eben der Zeitstempel gewählt.

Wie schon erwähnt, speichert die WebBox jeden neuen Datensatz auf dem internen ftp-Server. Dafür wird eigenständig, für jeden Tag, ein Ordner erstellt. Bei einer Taktung von fünf Minuten, befinden sich in diesem Tagesordner letztendlich 118 Dateien im zip Format. Der Ordner kann durch eine Ethernet Verbindung zwischen einem PC und der WebBox auf die Festplatte des Computers übertragen werden. In Abbildung 26 ist ein Ausschnitt des Ordners zu sehen, in dem die Tageswerte in Form von zip Dateien gespeichert sind. Im Verzeichnispfad ist auch das Datum der Erstellung des Ordners zu lesen, in diesem Fall der 23.02.2008.



FTP-Verzeichnis /DATA/2008/2008-02-23/ auf 192.168.0.168

[Eine Ebene höher](#)

02/23/2008 05:25	2,515	Mean.20080223_172556.xml.zip
02/23/2008 05:20	2,436	Mean.20080223_172055.xml.zip
02/23/2008 05:15	2,539	Mean.20080223_171555.xml.zip
02/23/2008 05:10	2,753	Mean.20080223_171054.xml.zip
02/23/2008 05:05	2,754	Mean.20080223_170553.xml.zip
02/23/2008 05:00	2,810	Mean.20080223_170052.xml.zip
02/23/2008 04:55	2,747	Mean.20080223_165551.xml.zip
02/23/2008 04:50	2,757	Mean.20080223_165050.xml.zip
02/23/2008 04:45	2,843	Mean.20080223_164549.xml.zip
02/23/2008 04:40	2,805	Mean.20080223_164048.xml.zip
02/23/2008 04:35	2,882	Mean.20080223_163548.xml.zip
02/23/2008 04:30	2,846	Mean.20080223_163047.xml.zip
02/23/2008 04:25	2,833	Mean.20080223_162546.xml.zip
02/23/2008 04:20	2,805	Mean.20080223_162045.xml.zip
02/23/2008 04:15	2,815	Mean.20080223_161544.xml.zip
02/23/2008 04:10	2,890	Mean.20080223_161043.xml.zip
02/23/2008 04:05	2,900	Mean.20080223_160543.xml.zip
02/23/2008 04:00	2,784	Mean.20080223_160042.xml.zip
02/23/2008 03:55	2,946	Mean.20080223_155539.xml.zip
02/23/2008 03:50	2,843	Mean.20080223_155039.xml.zip
02/23/2008 03:45	2,886	Mean.20080223_154538.xml.zip
02/23/2008 03:40	2,899	Mean.20080223_154037.xml.zip

Abbildung 26: Ansicht des Tageswert-Ordners im ftp-Verzeichnis der WebBox

Das gesamte Programm ist von einer while-Schleife umgeben. In dieser Schleife befindet sich eine Sequenzstruktur, um die Reihenfolge der Ereignisse festzulegen. Im ersten Teil der Sequenzstruktur geht es darum, die entsprechende Datei auszuwählen, um im zweiten Abschnitt, die Datei zu öffnen und die Inhalte zu bearbeiten. Um ein Programm zur Visualisierung der Ist-Werte der Solaranlage zu erstellen, muss zunächst der Ordner mit den Dateien der Tageswerte ausgelesen werden. Dazu wird mit Hilfe der while-Schleife mit jedem Umlauf die nächst höhere Datei ausgewählt. Da jeweils nur der Name der Datei zur Verfügung steht, ist es so noch nicht möglich diese zu öffnen. Es müssen noch der Pfadname und der Dateiname zusammgeführt werden, damit LabVIEW auf ein gültiges Verzeichnis zurück greifen kann. Um die Datei so zu übergeben, dass daraus einzelne Werte ausgelesen werden können, ist es im nächsten Schritt erforderlich, die jeweilige zip Datei zu entpacken. Diese Aufgabe übernimmt in LabVIEW ein Baustein. Mit Hilfe dieser unzip Funktion wird nun im ersten Abschnitt des Programms mit jedem Schleifenumlauf eine Datei im xml Format übergeben, die im zweiten Abschnitt zur Bearbeitung bereit steht.

In der zweiten Sequenzstruktur wird zuerst ein Java Script geöffnet, das bestimmt welche

Teile der Datensätze ausgelesen werden sollen. Dazu wird zunächst wiederum ein Pfad erstellt, damit das LabVIEW Programm auf die Datei zugreifen kann. Im nächsten Schritt wird die xml Datei, die aus der ersten Sequenzstruktur übergeben wurde, eingelesen und mit Hilfe der Java Datei nach den festgelegten Parametern durchsucht. Die erste Ausgabe bezieht sich auf den Zeitstempel. An der Stelle `getInfo` im Blockdiagramm wird die Zeile ausgewertet, in der sich das Datum und die Uhrzeit befinden. Dieser Zeitstempel wird dann einem zweidimensionalen Cluster übergeben.

Die zweite Ausgabe bezieht sich auf den ausgewählten Messkanal, der im Diagramm angezeigt werden soll. In diesem Beispiel wurde, wie schon erwähnt, der Messkanal E-total gewählt. Also die Energie, die von der gesamten PV-Anlage erzeugt wird. Um diesen Wert auszulesen, muss die entsprechende Zeile aus der Datei gewählt werden. Dies wird mit Hilfe eines offsets erreicht, der die uninteressanten Zeilen überspringt. Danach wird dieser Zahlenstring noch in einen Wert umgewandelt, damit dieser in dem Graphen angezeigt werden kann. Dieser Wert wird zusammen mit dem Zeitstempel in dem Cluster zusammengefasst und zur Ausgabe an einen XY-Graph übergeben. Zu jedem Messwert gibt es also einen entsprechenden Zeitstempel, der den Tag und die Uhrzeit markiert, zu dem der Wert gemessen wurde. Dies passiert mit jedem Schleifenumlauf, so dass jeder neue Wert aus einer neuen Datei gewonnen wird.

In Abbildung 27 ist das Ergebnis der Programmierung zu sehen. Das Diagramm zeigt die gemessenen und übertragenen Energiewerte der Solaranlage. Das automatische Versenden der Daten von der WebBox auf die Festplatte, eines über Ethernet angeschlossenen Computers, ist nur begrenzt möglich. Das führt dazu, dass nur die Datensätze im Diagramm zu sehen sind, die manuell von der WebBox heruntergeladen wurden. Dem Anwender bleibt überlassen, über welchen Zeitraum sich die Datenauswertung erstrecken soll. Dies wird durch die Speicherung des Diagrammverlaufs vor jedem Neustart des Programms erreicht.

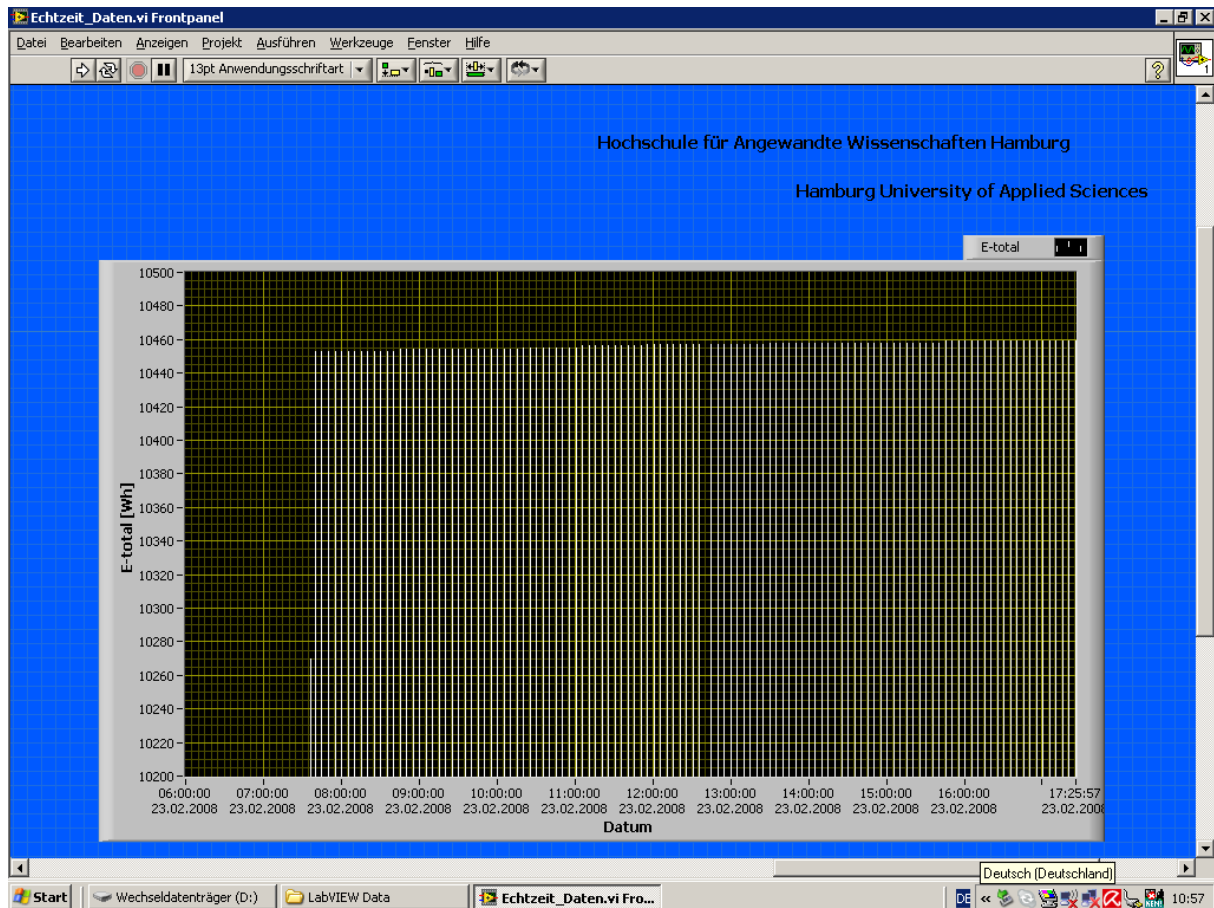


Abbildung 27: Diagrammauswertung der Echtzeit Daten

6.4 Visualisierung der historischen Daten

Zu dem Zeitpunkt, als die Datenerfassung mit Hilfe der Sunny WebBox noch nicht fehlerfrei funktionierte, wurde von Herrn Prof. Dr. Vaupel angeregt, die historischen Daten der PV-Anlage mit Hilfe eines LabVIEW Programms darzustellen. Der Anlass zur Erstellung des Programms bestand darin, dass die Daten, die bis zur endgültigen Funktion der Datenübertragung mittels der WebBox, nicht verloren gehen. Mit Hilfe der Anzeige der historischen Daten, ist es dem Anwender möglich, sich einzelne Tage, Wochen, Monate oder auch ganze Jahresverläufe anzusehen.

Die historischen Daten werden von dem Datenlogger der Firma Conergy seit der Inbetriebnahme der Solaranlage gesammelt und an ein Internet Portal gesendet. Die Taktung der Übertragung beträgt eine viertel Stunde. Der erste Eintrag beginnt mit dem Zeitstempel: 19.02.2004 13:00:00. Danach folgen die Messwerte Temperatur, Energieertrag, Einstrahlung sowie die errechnete CO₂-Ersparnis und der, in Euro umgerechnete, Ertrag der fünf Solarpanel. In Abbildung 28 ist ein kleiner Ausschnitt der Datei zu sehen, die die Firma

Conergy zur Verfügung gestellt hat. Die Datei ist im csv Format gespeichert.

Datum mit Uhrzeit,	Temperatur,	Energie,	Einstrahlung,	Geld,	CO2-Ersparnis
19.02.2004 13:00:00,	14.5500,	2.6120,	423.5600,	1.2561,	1.9590
19.02.2004 13:15:00,	14.6000,	2.5740,	456.3600,	1.2378,	1.9305
19.02.2004 13:45:00,	13.6600,	2.5710,	511.3000,	1.2364,	1.9283
19.02.2004 14:00:00,	14.4800,	2.5170,	467.6300,	1.2104,	1.8878
19.02.2004 14:15:00,	16.4600,	2.1950,	436.6800,	1.0556,	1.6462

Abbildung 28: Ansicht von Datenstrings die im csv Format gespeichert sind

Um die Daten in einem Graphen zu visualisieren, werden zunächst alle Zeilen aus der csv Datei gelesen. Die Datei ist etwa 7 MByte groß und besteht aus etwa 120.00 Zeilen. Nach dem Einlesen wird jede Zeile in einen string umgewandelt. Um den gewünschten Zeitrahmen in dem Diagramm anzuzeigen, stehen dem Anwender zwei Eingabefelder zur Verfügung. In dem ersten Feld wird das Datum festgelegt, an dem die Aufzeichnung der Daten beginnen soll. Im zweiten Bedienfeld, wird das Ende der Aufzeichnung bestimmt. Das Programm überprüft dann in einer while-Schleife jede Zeile, im Hinblick darauf, ob sie mit dem Start-Parameter des Anwenders übereinstimmt. Abgefragt wird hierbei auf Gleichheit des Zeitstempels. Daher muss auch das Format der Eingabe mit dem Format des Zeitstempels der Datei übereinstimmen, in diesem Fall Tag, Monat, Jahr und die Uhrzeit mit Stunde, Minute, Sekunde (dd.mm.yyyy HH:MM:SS).

Für die Abfrage ist der Zeilenindex mit dem Schleifenzähler verbunden, was zur Folge hat, dass bei jedem Umlauf der Zeilenindex um einen Zähler erhöht wird. Bei Übereinstimmung des eingegebenen Startdatums, und des Datums der Datei, wird jede Zeile ausgewertet, solange bis eine Übereinstimmung beim Schlussdatum eintritt. Jeder string, die innerhalb der Parameter liegt, wird nun in einzelne Elemente aufgeteilt. Wie in Abbildung 25 zu sehen ist, sind die Werte durch ein Komma getrennt. Das Komma wird dazu genutzt, einzelne Werte aus der Zeile herauszutrennen. Dabei wird zunächst das erste Element der Zeile, das Datum,

in einen Zeitstempel umgewandelt und auf der x-Achse des Graphen dargestellt. So wird jedem Wert eine Zeitbasis zugeordnet. Soll nun die Temperatur betrachtet werden, also der zweite Parameter jeder Zeile, wird der Wert ausgewertet, der nach dem ersten, und vor dem zweiten Komma steht. Die Temperatur wird also aus dem string entfernt und in einen Wert umgewandelt, der letztendlich im Diagramm angezeigt werden kann. Die Elemente, die sich in dem restlichen string befinden, können durch weiteres Trennen an den Kommastellen ebenfalls in einem Graphen ausgegeben werden.

Da in einem Tageszyklus 96 Messwerte entstehen, wird die Darstellung eines Monats sehr unübersichtlich. Die Messwerte würden so dicht zusammen liegen, dass eine genauere Betrachtung der Anzeige kaum möglich wäre. Daher wurde bei der Betrachtung der Daten über einen längeren Zeitraum eine Mittelung vorgenommen. Dabei werden die Werte, in diesem Fall die Temperatur, aufaddiert und durch den Faktor 48 geteilt. Es wird folglich pro Tag ein Messwerte ausgegeben. Bei einer Monatsbetrachtung werden so im Diagramm etwa 30, anstatt knapp 2900 Werte betrachtet. Dies führt einerseits zu einer verbesserten Darstellung der Temperaturwerte in einem Monat, verfälscht jedoch andererseits auch den tatsächlichen Temperaturverlauf. So werden erreichte Spitzenwerte in dieser Form der Darstellung kaum oder gar nicht berücksichtigt. Es muss aber ein Kompromiss aus Ist-Wert Darstellung und Benutzerfreundlichkeit gefunden werden. Dieses wurde mit Hilfe der Mittelung erreicht.

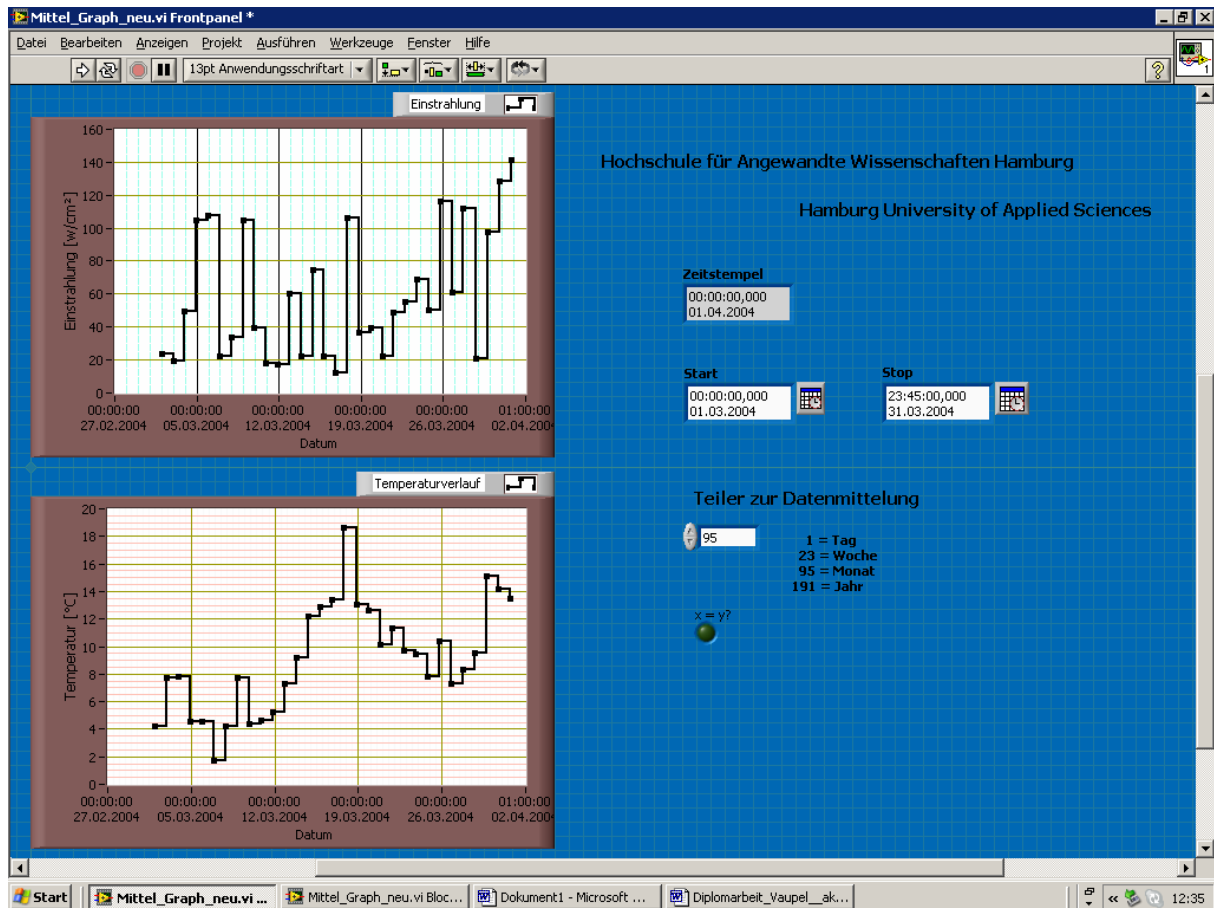


Abbildung 29: Diagrammauswertung der historischen Daten

In Abbildung 29 ist eine Diagrammauswertung der historischen Daten zu sehen. Das Startdatum ist der 01.03.2004 00:00:00 Uhr, und das Stopdatum der 31.03.2004. Die Zeitspanne erstreckt sich also über einen Monat, daher ist der Teiler 95 gewählt worden. Dies entspricht einem gemittelten Wert pro Tag. Bei dem Vorgang der Mittelung, werden die Werte so lange aufaddiert, bis die Anzahl der addierten Werte dem Teiler entsprechen. Danach wird in einer weiteren Operation die Summe durch die Anzahl der Werte geteilt und der Wert, der daraus entsteht, zur Anzeige übergeben. Um diesen Vorgang im Frontpanel zu visualisieren, gibt es eine Kontrollleuchte. Diese trägt die Überschrift $x=y?$ und leuchtet auf, sobald ein Messwert übergeben wurde. Das x steht für den vorgegebenen Teiler und das y für die Anzahl der aufaddierten Werte. Welcher Teiler zur Datenmittelung zu welcher Zeitspanne passt, ist der beigefügten Legende zu entnehmen. Der Benutzer kann diese Einstellung vor dem Programmstart vornehmen. Der Unterschied von 96 Tageswerten und dem gewähltem Teiler 95 ergibt sich daraus, dass der Schleifenzähler beim ersten Umlauf bei null beginnt und beim Wert von 95 bereits 96 Werte aufaddiert hat. Ein weiteres Element auf dem Frontpanel ist

der Zeitstempel. Dieser beginnt nach jedem Neustart bei dem ersten Wert aller Messwerte, siehe Abbildung 29, und endet einen Messwert später, als das vom Benutzer vorgegebene Stopdatum. In diesem Diagramm ist dies der Zeitstempel 01.04.2004 00:00:00 Uhr.

6.5 Probleme bei der Umsetzung der gestellten Aufgabe

Bei der praktischen Umsetzung der Anbindung der PV-Anlage über eine Ethernet Leitung kam es zu mehreren Problemen.

Zunächst konnte keine Verbindung zwischen dem Datenlogger Sunny Boy Control und der YASDI Software hergestellt werden. Als Schnittstelle diente der Mikrocontroller SC 12. Die Software konnte den über die Netzwerkkarte angeschlossenen Controller nicht erfassen, und somit auch keine Verbindung zum Datenlogger aufbauen.

Bei dem Versuch, eine Ethernet Verbindung, mit Hilfe der WebBox zu den Wechselrichtern herzustellen, trat zunächst das Problem auf, das der Datenlogger keinen Kontakt zu der Solaranlage herstellen konnte. Jetzt war zwar eine Verbindung zwischen PC und Datenlogger hergestellt, aber eine Anbindung der Solaranlage war immer noch nicht erreicht. Daraufhin wurden diverse Gespräche mit der Herstellerfirma geführt, die das nicht zustande kommen der Kommunikation zwischen der WebBox und den Wechselrichtern auf die Räumlichkeiten (PC-Pool) der Hochschule zurück führte. Daraufhin wurden von Seiten der Firma diverse Maßnahmen zur Verbesserung der Signalstärke vorgeschlagen. Diese wurden auch alle nach und nach durchgeführt. Dies geschah über einen Zeitraum von ca. 6 Monaten und hat keine Verbesserung gebracht.

Da der Fehler erst kurz vor dem Ende dieser Diplomarbeit behoben wurde, konnten nicht alle Vorgaben umgesetzt werden. So ist das selbständige Verschicken der Datenpakete vom ftp-Server der WebBox über die Ethernet Leitung nicht umgesetzt worden. Die Daten der Tagesordner können im Moment nur manuell heruntergeladen werden. Um diesen Vorgang zu automatisieren, fehlte die erforderliche Zeit.

7 Zusammenfassung

Die Aufgabe dieser Diplomarbeit bestand darin, die Anbindung der Photovoltaik Anlage der HAW-Hamburg über eine Ethernet Verbindung herzustellen und die übermittelten Daten zu visualisieren.

Zur Umsetzung dieser Aufgabe stand zunächst der Datenlogger Sunny Boy Control der Firma SMA, der über eine RS 485 Schnittstelle angesteuert werden kann, zur Verfügung. Des Weiteren kam ein Schnittstellenwandler und eine Software, die ebenfalls von SMA mitgeliefert wurde, zur Anzeige der Messdaten, zum Einsatz. Der RS 232/485 Wandler ermöglichte die Kommunikation zwischen PC und Datenlogger. So konnte eine Verbindung zur Solaranlage vor Ort hergestellt werden und mit Hilfe der Software war es möglich, Daten der PV-Anlage zu betrachten. Da die Software über eine eigenständige Oberfläche verfügt, war sie im weiteren Verlauf nicht von Relevanz.

Um die Daten umgebungsunabhängig zu empfangen, wurde ein Mikrocontroller eingesetzt, mit dessen Hilfe eine Ethernet Verbindung etabliert werden sollte. Nach genauer Betrachtung wurde der Mikrocontroller SC 12 der Firma Beck ausgewählt. Der Controller sollte als Schnittstelle zwischen PC und Datenlogger dienen. Mittels einer Software, die über keine programmierte Oberfläche verfügt, sollte die Datenübertragung kontrolliert werden.

Da ein Zusammenwirken dieser Komponenten nicht zum Erfolg führte, wurde nach weiteren Überlegungen die Sunny WebBox eingesetzt. Dieser internetfähige Datenlogger ermöglichte schlussendlich eine Datenübertragung via Ethernet Verbindung. Die so übermittelten Datensätze konnten nun mit Hilfe des Visualisierungsprogramms LabVIEW bearbeitet werden.

Das daraufhin entwickelte Programm ermöglicht die Darstellung sämtlicher Messdaten in Verbindung mit dem zugehörigen Zeitstempel. Die für die graphische Anzeige benötigten Datensätze können vom ftp-Server der WebBox herunter geladen, und in einem Verzeichnis abgelegt werden. Durch die erhebliche Verzögerung der Umsetzung der gestellten Aufgabe, wurden auch noch die historischen Daten der Solaranlage mittels eines Programms visualisiert. Die Darstellung der Daten erfolgt ebenfalls mittels eines Graphen. Der Benutzer hat die Möglichkeit, den Zeitraum der Darstellung selbst zu wählen.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Seite 9	Abbildung eines n-dotiertem und eines p-dotiertem Silitiumatoms [3]
Abbildung 2: Seite 11	Montage der Solaranlage auf dem Neubau der HAW-Hamburg [6]
Abbildung 3: Seite 12	Fertige Solaranlage mit fünf Sunbrella-Einheiten [6]
Abbildung 4: Seite 14	Blockschaltbild des Wechselrichters SB 3000 [7]
Abbildung 5: Seite 16	Rückansicht des Sunny Boy Control [5]
Abbildung 6: Seite 16	Hauptmenü des Sunny Boy Control [5]
Abbildung 7: Seite 17	Anschlussplan des Schnittstellenwandlers [5]
Abbildung 8: Seite 18	Erfassung der Wechselrichter durch die Sunny Data Software
Abbildung 9: Seite 19	Informationsfenster der Sunny Data Control Software
Abbildung 10: Seite 20	Kanalauswahlfenster der Sunny Data Control Software
Abbildung 11: Seite 24	Serieller asynchroner Datentransfer [12]
Abbildung 12: Seite 26	Yasdi-Editor für Grundeinstellungen
Abbildung 13: Seite 27	Das YASDI-Programm nach dem Start Aufruf
Abbildung 14: Seite 28	Das YASDI-Programm nach erfolgreichem Scan
Abbildung 15: Seite 30	Das YASDI-Programm nach der Auswahl eines Wechselrichters mit den entsprechenden Messkanälen
Abbildung 16: Seite 32	Die Sunny WebBox [14]
Abbildung 17: Seite 33	Aufbau der Kommunikation von Wechselrichtern und Web Box mittels SWR-COM Modems [14]
Abbildung 18: Seite 34	Anschlussplan der Firma SMA für die Hausverteilung [14]
Abbildung 19: Seite 36	Aufbau Solarschaltschrank
Abbildung 20: Seite 38	Startseite der Sunny Web Box
Abbildung 21: Seite 39	Verzeichnisbaum der Sunny Web Box

Abbildung 22: Seite 40	Ansicht der Anbindung der PV-Anlage über Ethernet
Abbildung 23: Seite 42	Ansicht des Blockdiagramms [15]
Abbildung 24: Seite 43	Ansicht des Frontpanels [15]
Abbildung 25: Seite 44	Auszug einer Datei im xml Format
Abbildung 26: Seite 46	Ansicht des Tageswert-Ordners im ftp-Verzeichnis der WebBox
Abbildung 27: Seite 48	Diagrammauswertung der Echtzeit Daten
Abbildung 28: Seite 49	Ansicht von Datenstrings die im csv Format gespeichert sind
Abbildung 29: Seite 51	Diagrammauswertung der historischen Daten

9 Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
CO ₂	Kohlendioxid
csv	character separated values
Dsub	D subminiature
e.V.	eingetragener Verein
ftp	file transfer protocol
I ² C	Inter-Integrated Circuit
IP	Internet Protocol
kWh	kilo Watt Stunde
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
LC	Liquid Crystal
m ²	Quadratmeter
MHz	Megahertz
PC	personal computer
PV	Photovoltaik
RAM	Random Access Memory
TCP/IP	Transmission Control Protocol over Internet Protocol
TUHH	Technische Universität Hamburg/Harburg
u.a.	unter anderem
xml	Extensible Markup Language
z.B.	zum Beispiel

10 Quellenverzeichnis

- [1] URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Solarenergie> Letzter Zugriff: 23.10.2007
- [2] URL: <http://www.entfernungspauschale.info/article/Sonnenenergie> Letzter Zugriff: 12.01.2008
- [3] Sven Schumann (Hrsg.): Dissertation: Montagegerechte Gestaltung eines Befestigungssystem für Photovoltaikgeneratoren URL: http://edocs.tu-berlin.de/diss/2004/schumann_sven.pdf Letzter Zugriff: 14.01.2008
- [4] URL: http://www.boxer99.de/photovoltaik_anwendungsbereiche.htm Letzter Zugriff: 29.02.2008
- [5] SMA (Hrsg.): Sunny Boy Control – Bedienungsanleitung SunBC-15:ND3706 Versionsnummer 5.1 URL: <http://download.sma.de/smaprosa/dateien/1358/SunBC-15-ND3706.pdf> Letzter Zugriff: 22.11.2008
- [6] URL: <http://www.mp.haw-hamburg.de/geschichte/neubau/index-f29.html> Letzter Zugriff: 10.01.2008
- [7] SMA (Hrsg.): Sunny Boy 3000 - Technische Beschreibung Ausgabe 1.1 URL: http://www.photovoltaik.co.at/pdf/pdf_pv/sma%20-%20SB3000%20-%20wechselrichter.pdf Letzter Zugriff: 02.03.2008
- [8] URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wechselrichter> Letzter Zugriff: 23.03.2008
- [9] URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/TCP/IP> Letzter Zugriff: 15.03.2008
- [10] URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Ethernet> Letzter Zugriff: 15.03.2008
- [11] Beck (Hrsg.): IPC@CHIP® SC12/SC13/SC11 Erste Schritte V2.4 URL: http://www.beck-ipc.com/files/manual/IPCatCHIP_Gettingstart_V24.pdf Letzter Zugriff: 20.12.2008
- [12] Berufsakademie Mosbach (Hrsg.): Experimente mit dem IPC@Chip URL: http://www.beck-ipc.com/files/other/sc12_experimente_bam_v1.pdf Letzter Zugriff:

16.02.2008

- [13] SMA (Hrsg.): YASDI Dokumentation als PDF (Stand: 10.02.2008) URL: http://www2.sma.de/fileadmin/documents/binaries/dokumentation_yasdi.pdf Letzter Zugriff: 13.03.2008
- [14] SMA (Hrsg.): Sunny WebBox – Technische Beschreibung SWebBox-TDE075125 Versionsnummer 2.5 URL: <http://download.sma.de/smaprosa/dateien/2585/SWebBox-TDE075125.pdf> Letzter Zugriff: 02.02.2008
- [15] Universität Karlsruhe (Hrsg.): Einführung in Matlab und LABVIEW (Stand: April 2008) URL: http://www.iit.uni-karlsruhe.de/download/Versuch1_Einfuehrung_08.pdf Letzter Zugriff: 22.01.2008

11 Anhang

11.1 Das Java Script xml.js

```
var tempXml, tempfile, temproot
```

```
function loadxml(path)
```

```
{
```

```
  //Instantiate XML Object
```

```
  tempXml = new ActiveXObject("MSXML2.DomDocument.4.0");
```

```
  tempXml.async = false;
```

```
  tempfile = path
```

```
  tempXml.load(path)
```

```
  temproot = tempXml.documentElement;
```

```
}
```

```
function getInfo()
```

```
{
```

```
  var Create = temproot.selectNodes("//Info/Created")[0].text
```

```
  var Culture = temproot.selectNodes("//Info/Culture")[0].text
```

```
  return Create+'t'+Culture
```

```
}
```

```
function getData()
```

```
{
```

```
  var output = "
```

```
  var Data = temproot.selectNodes("//MeanPublic")
```

```
  for (var i=0;i<Data.length;i++)
```

```
    {
```

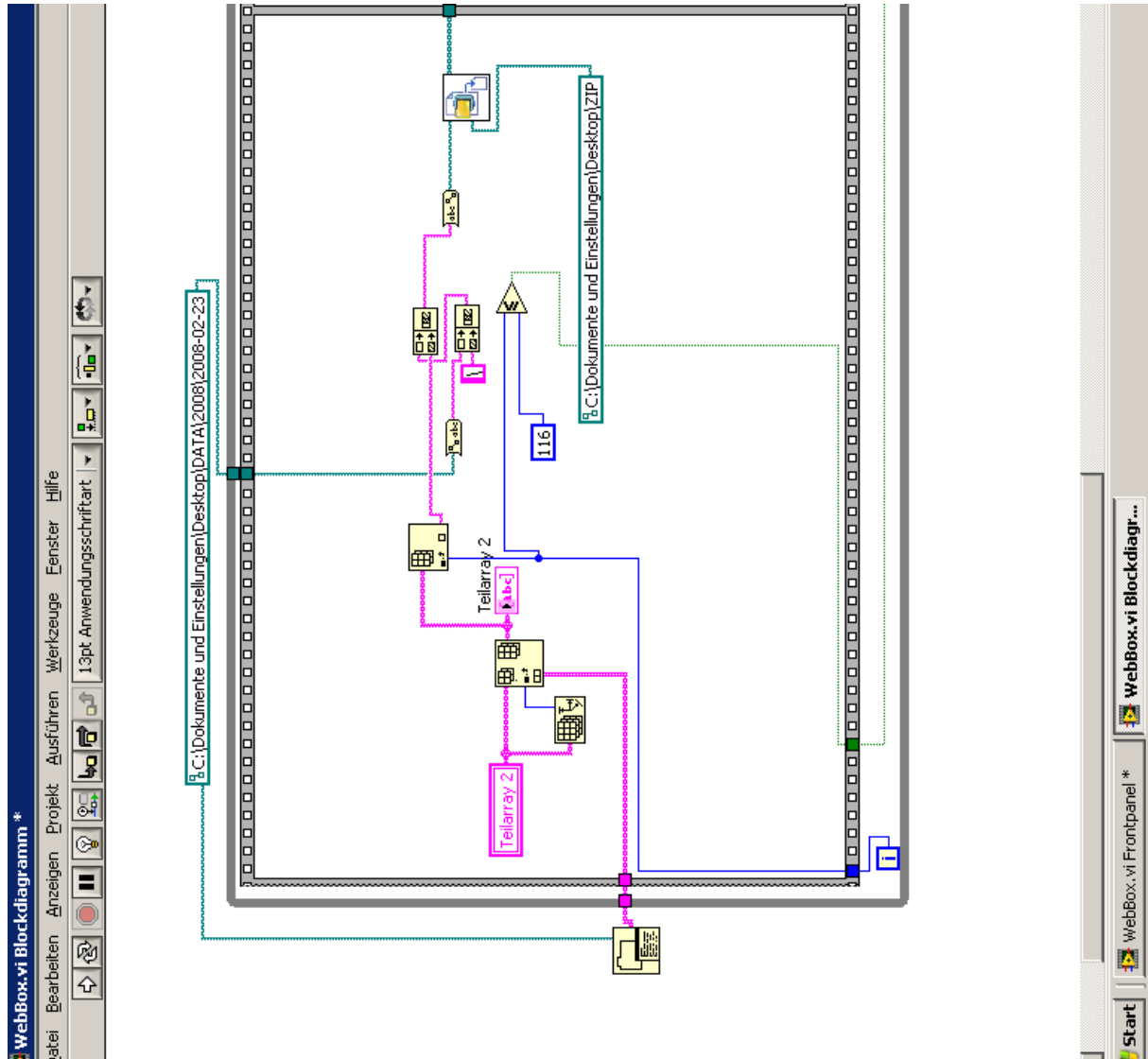
```
      var key = "
```

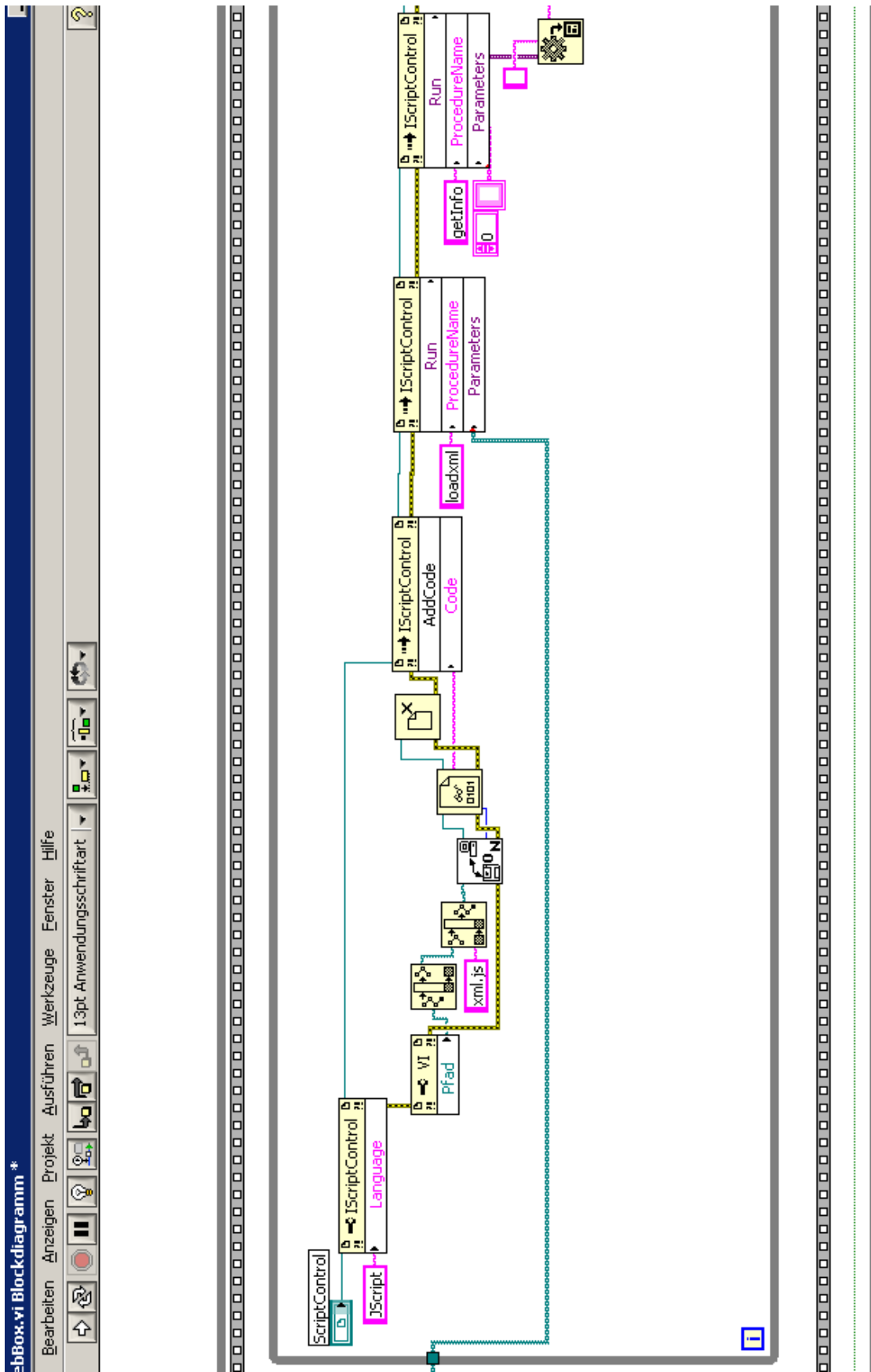
```
var first = "  
var last = "  
var min = "  
var max = "  
var mean = "  
var base = "  
var period = "  
var timestamp = 0  
for (var j=0;j<Data[i].childNodes.length;j++)  
    {  
        switch(Data[i].childNodes[j].nodeName)  
        {  
            case "Key":  
                key = Data[i].childNodes[j].text  
                break  
            case "First":  
                first = Data[i].childNodes[j].text  
                break  
            case "Last":  
                last = Data[i].childNodes[j].text  
                break  
            case "Min":  
                min = Data[i].childNodes[j].text  
                break  
            case "Max":  
                max = Data[i].childNodes[j].text  
                break
```

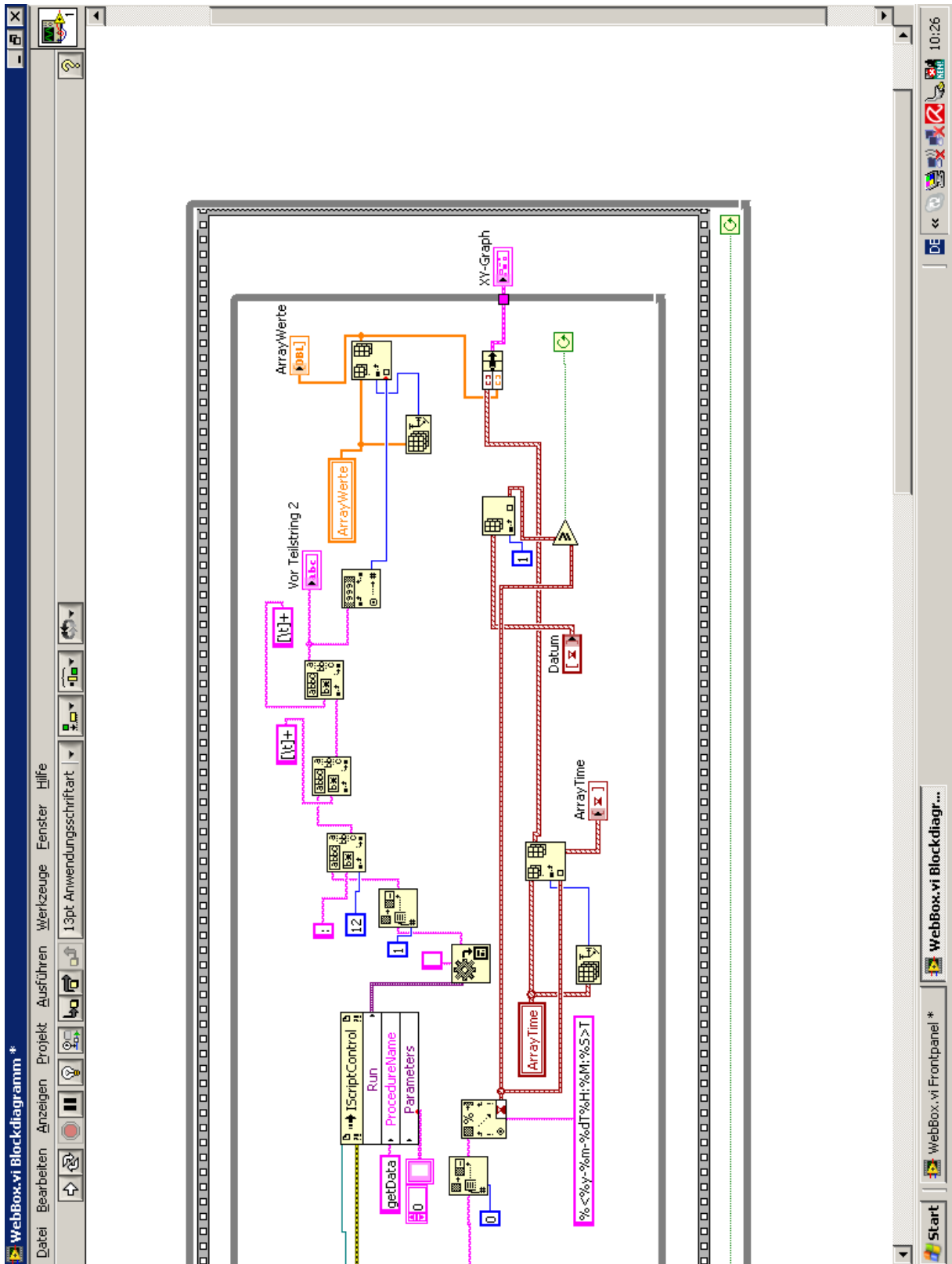
```
        case "Mean":
            mean = Data[i].childNodes[j].text
            break
        case "Base":
            base = Data[i].childNodes[j].text
            break
        case "Period":
            period = Data[i].childNodes[j].text
            break
        case "TimeStamp":
            timestamp = Data[i].childNodes[j].text
            break
        default:
            break
    }
}

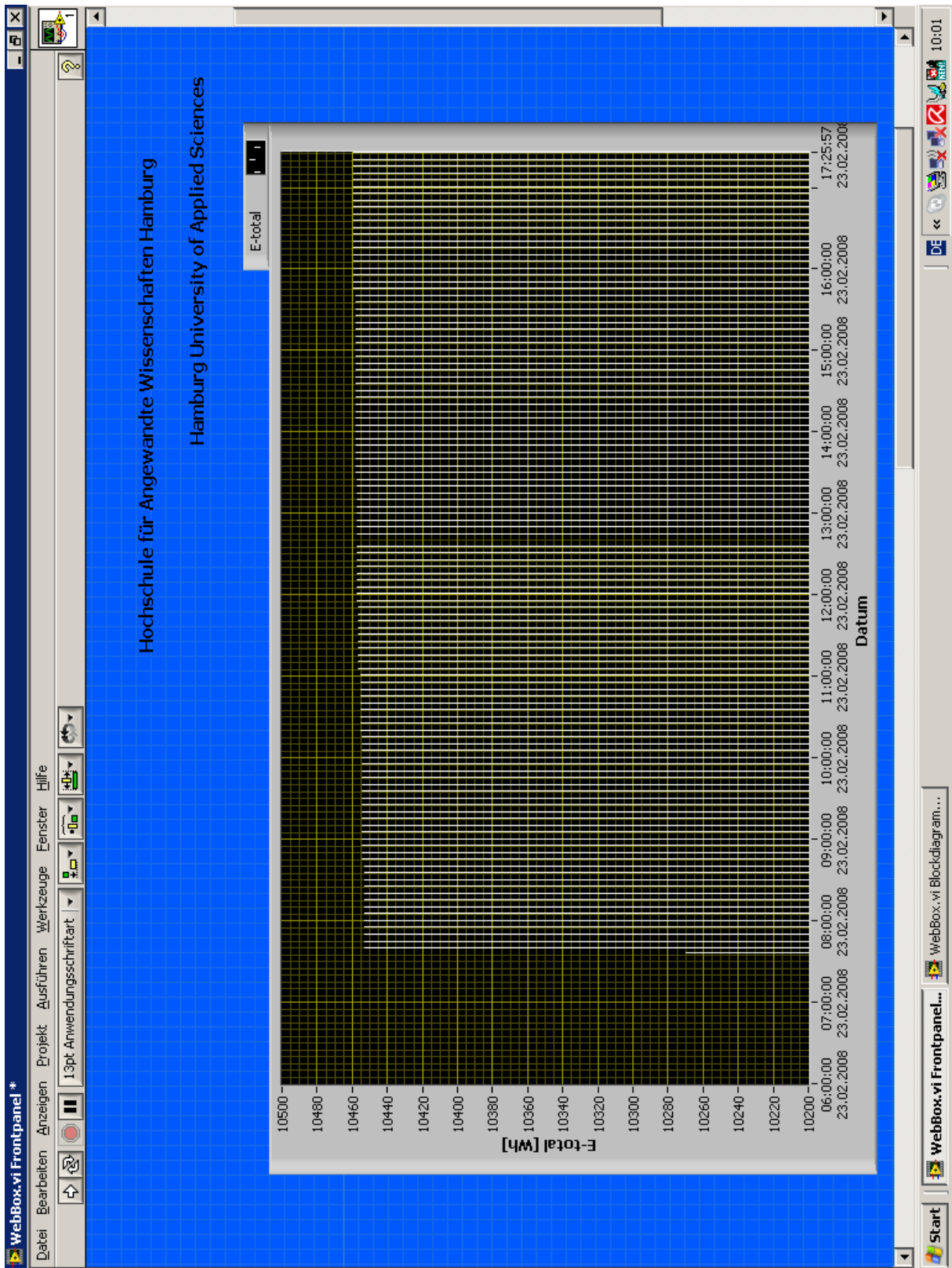
    output
output+key+'\t'+first+'\t'+last+'\t'+min+'\t'+max+'\t'+mean+'\t'+base+'\t'+period+'\t'+timestam =
p+'\r\n'
    }
return output
}
```

11.2 Programm zur Darstellung der Echtzeitdaten

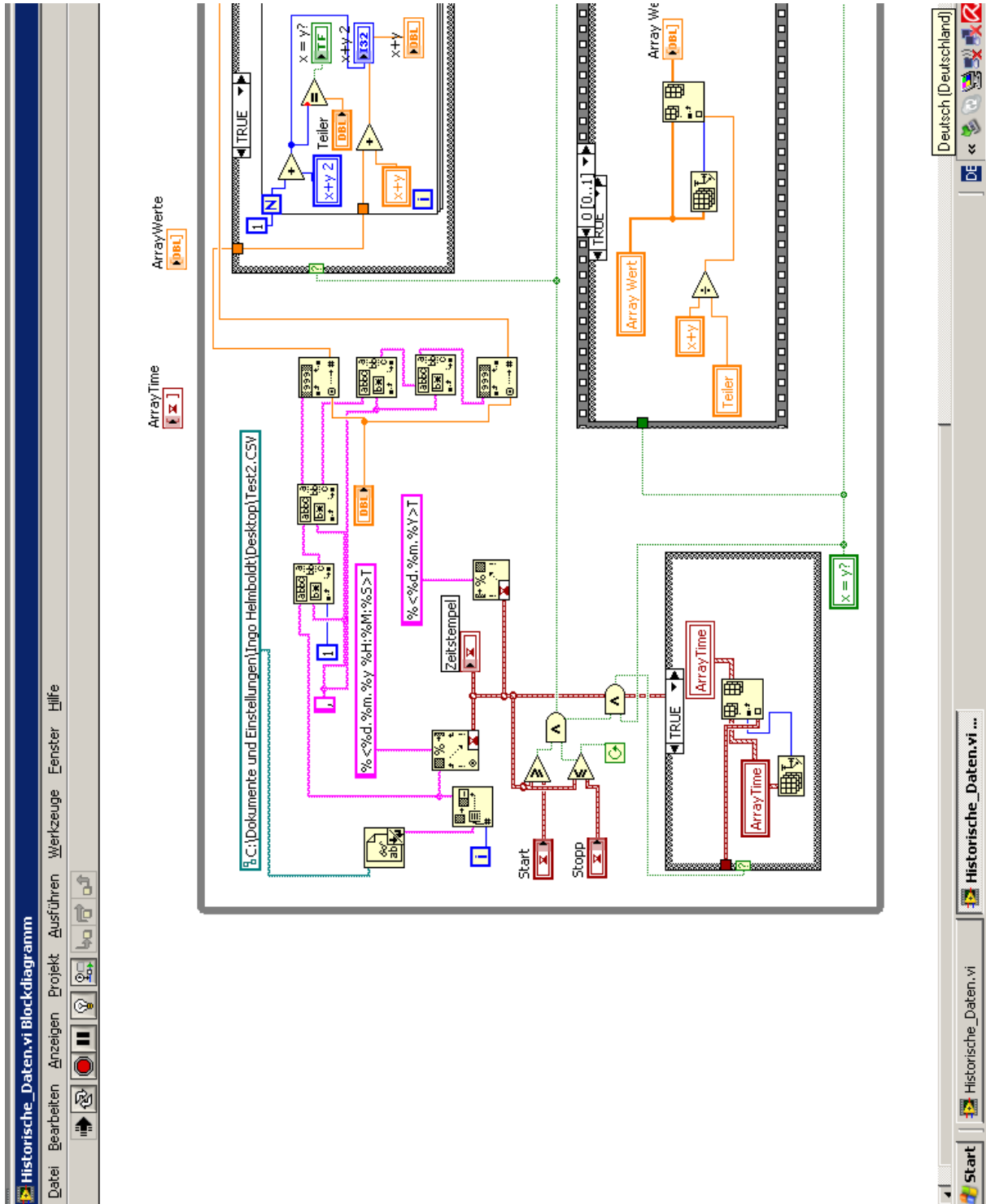


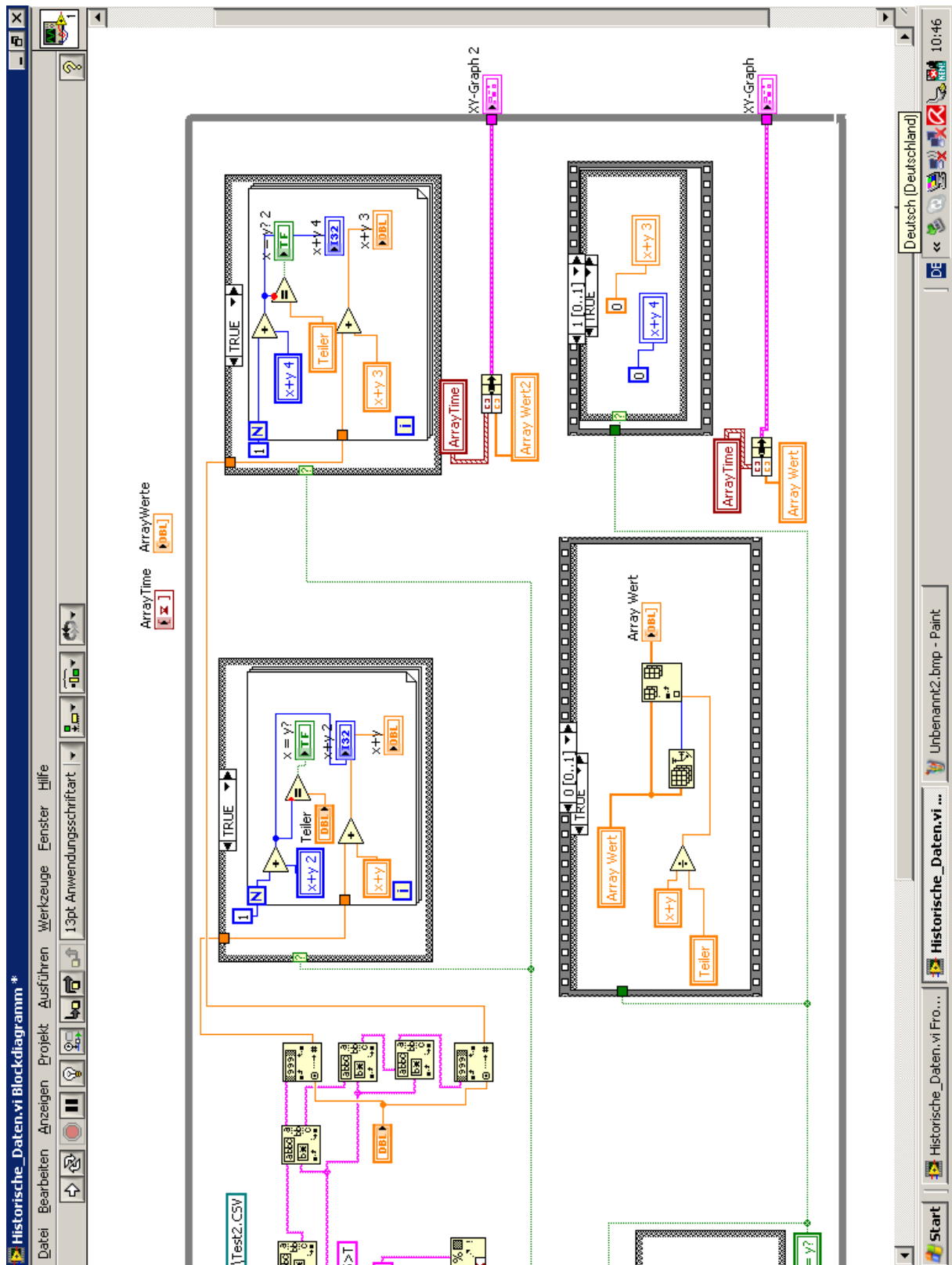


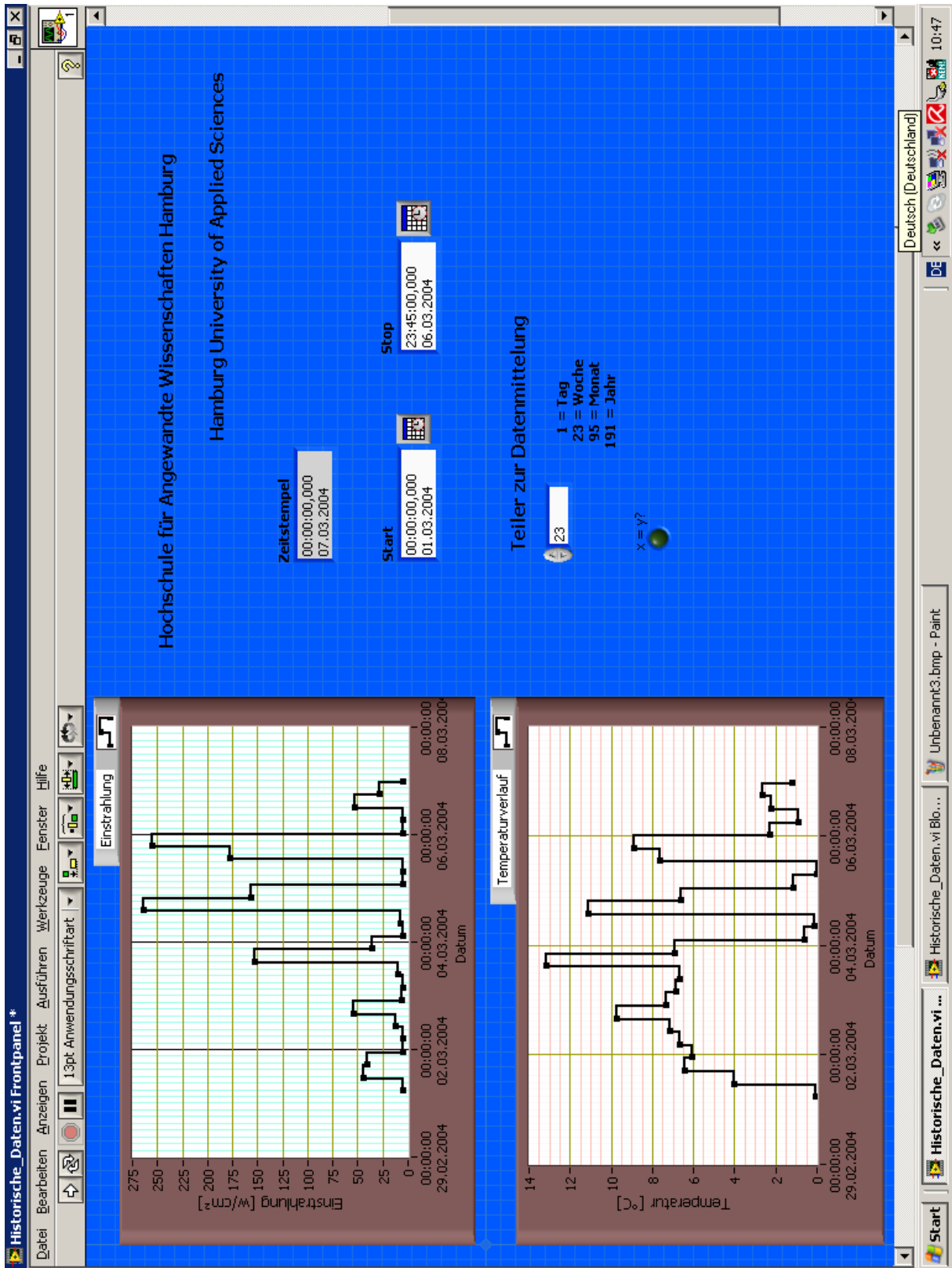




11.3 Programm zur Darstellung der historischen Daten







12 Versicherung über die Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, Jan Klemt, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §25(4) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen habe ich unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift