



Fakultät für Technik
Bereich Informationstechnik
Projektarbeit

Thema:

Leistungsdaten Aufbereitung einer Solaranlage

Erfassung, Übertragung, Aufbereitung und Anzeige der Leistungsdaten einer Solar-Inselanlage

Betreuer Prof. Dr. Karlheinz Blankenbach
Dr.-Ing. Christoph Ußfeller
Dipl.-Ing. (FH) Peter Bitterlich

vorgelegt von: Julian Wiche
Matrikelnummer: 306675

Abgabetermin 16.07.2018

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
1.1 Gegenstand und Vorgehen	2
1.2 Energieversorgung	3
1.3 Netzwerkanbindung	6
1.4 Netzwerkstruktur	8
2 Analyse des Messsystems	10
2.1 Beschreibung Messsystem	10
2.2 USB heißt USB?	11
2.3 Optische Analyse	12
2.4 Datenblatt des IC SN75176B [8]	13
2.5 Messung mithilfe eines Logic-Analyzers	14
2.6 Messung des Signals	15
2.6.1 Bestimmung der Baudrate	15
2.6.2 Decodierung des Signals	16
2.7 Test an einem Windows PC	18
3 Datenerfassung und Speicherung	19
3.1 Verwendete Komponenten	19
3.1.1 Verbindung der Komponenten	20
3.1.2 Anschluss des Raspberry Pi	21
3.2 Manuelles Lesen von der seriellen Schnittstelle	21
3.3 Automatisches Erfassen und Speichern der Daten	22
3.3.1 Datenbankstruktur	22
3.3.2 Wahl der Programmiersprache	23
3.3.3 Einbindung der Bibliothek PHP-Serial	23
3.4 Programm Serial2DB	24
3.4.1 Aufbereitung und Filterung	25
3.4.2 Einbindung als Service	26
4 Datenübertragung	27
4.1 Übertragungsstrecke	27
4.2 Bedenken Verbindungsbrüche	28
4.3 Einrichtung der MariaDB Replikation	28
4.4 Fehleranfälligkeit	29
5 Datenaufbereitung und Anzeige	30
5.1 Verwendete Komponenten	30
5.2 Fehlentscheidung eInk Display	30

Inhaltsverzeichnis

5.3	Weblösung zur Darstellung	31
5.3.1	Struktur der Weblösung	31
5.4	Backend	31
5.4.1	SQL Anfragen	33
5.5	Frontend	36
5.5.1	HTML-Struktur	36
5.5.2	jQuery	37
5.5.3	Modul „Aktualisieren“	38
5.6	Userinterface	39
5.6.1	Navigationsmenü	39
5.6.2	Live-Daten	40
5.6.3	Wochenstatistik	41
5.6.4	Tagesstatistik	42
5.6.5	Aufstellung „bester Tag“	42
5.6.6	Tabellarische Darstellung	44
Abbildungsverzeichnis		45
Tabellenverzeichnis		46
Listings		47
Literatur		47

1 Einleitung

1.1 Gegenstand und Vorgehen

In dieser Projektarbeit sollen die Leistungsdaten einer Solar-Inselanlage, erfasst, aufgearbeitet, übertragen und Dargestellt werden. Den Grundstein legt hierfür ein zugekauftes Messsystem, welches aus dem eigentlich Messmodul und einem Anzeigemodul besteht. Dabei wird zunächst das zugekauftes Messsystem analysiert und dessen Datenübertragung ausgewertet. Im nächsten Schritt soll eine Lösung zur Erfassung und Speicherung dieser Daten erarbeitet werden. Um diese Zahlen zugänglicher zu machen, soll daraufhin eine Graphische Auswertung erfolgen, welche den Verlauf der Leistung für den Tag, Woche, sowie beste Tage und Stunden als Graph, sowie maximale und minimale Leistungswerte dargestellt. Da die örtliche Lage dies erfordert, muss zudem eine Übertragung der Informationen über eine große Distanz erfolgen.



Abb. 1: Außenansicht des Gartenhauses

1.2 Energieversorgung

Das Gartenhaus befindet sich auf einem gepachteten Grundstück und besitzt keinen Strom oder Wasseranschluss. Daher wurde das Solarpanel, wie in Abb. 1 zu sehen, auf der Südseite des Daches montiert. Es leistet $100W_p$ - Watt peak - es leistet also bei einer Temperatur von 25°C und einer Bestrahlungsstärke von 1000W/m^2 in einem Winkel von 90° genau 100W. Die Spannung liegt dabei, je nach Helligkeit, bei 12 - 16V. Da das Panel einerseits schon etwas in die Jahre gekommen ist und andererseits solche Laborwerte sogar bei neuen Panels unrealistisch sind, ist der Wert von ca 25W (siehe Abb. 2) der höchste beobachtete Wert. In Abb. 3 ist der zur Veranschaulichung an manchen Stellen vereinfachte Verlauf der Leitungen innerhalb des Gartenhauses dargestellt. Die vom Dach kommenden Solarleitungen sind mit 6mm^2 dimensioniert. Hier sind ein Trennschalter sowie ein einfaches Voltmeter und ein Ampermeter zwischengeschaltet. Nachfolgend befindet sich ein **Solar-Laderegler**. In dem nach links abbiegenden Stromzweig der zur Batterie führt, befindet sich ein **Mess-Shunt**, auf den in Kapitel 2 *Analyse des Messsystems* näher eingegangen wird. Nach unten erfolgt die Verteilung (**VT**) und Absicherung (**fuse**) der Stromkreise. Zudem ist hier ein 1,5kW Wechselrichter (**WR**) angeschlossen, welcher bei Bedarf die im Gartenhaus installierten 230V Steckdosen bestromt. Die in Abb. 2 gezeigte Anzeige stellt die vom Shunt-Modul gemessenen Daten dar. Diese werden entweder per USB-Kabel oder per Funk dorthin übertragen. Es stellt sowohl Augenblickswerte wie Spannung, Strom oder Leistung wie auch über die Zeit integrierte Daten wie elektrische Ladung und Arbeit dar. Der angezeigte Strom ist positiv, wenn die Batterie entladen wird, und negativ, wenn die Batterie geladen wird. Der Strom beeinflusst in Verbindung mit der Betriebszeit die Ladung und repräsentiert somit den Ladezustand der Batterie.

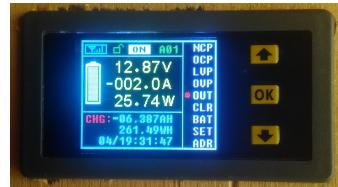


Abb. 2: Displaymodul

1 Einleitung

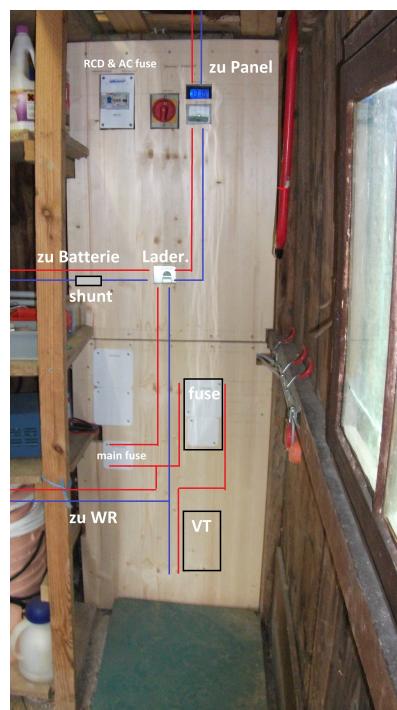


Abb. 3: Innenansicht des Gartenhauses



Abb. 4: Batterie und Messmodul

Nicht ersichtlich jedoch ist, wann die größte Ladung erfolgte und wie sich die erfolgte Ladung über die Zeit verteilt. Dabei bleibt verborgen, ob zu gewissen Uhr - und Jahreszeiten für das Panel gefährliche Verschattungen auftreten. Das Messsystem liefert, abgesehen von der Ladung und Arbeit lediglich Augenblickswerte und keine maximalen Leistungswerte bzw. minimale (negative) Stromwerte - dies soll künftig möglich sein. Die Auswertung der Leistungsdaten soll Aufschluss darüber geben, ob das Panel bald ausgetauscht werden muss oder ob lediglich die beobachteten Augenblicke ungünstig waren. Ein weiterer Bonus ist, dass eine solche Auswertung der Daten gleichzeitig Aufschluss über das Nutzungsverhalten im Verbrauchsfall gibt. In Abb. 4 ist die 250 Amperestunden Solarbatterie zu sehen. Ein weiterer Punkt, der für die Auswertung der Leistungsdaten interessant sein dürfte, ist die Temperatur der Batterie - von dieser ist die Zellspannung und somit die entnehmbare Energie mit abhängig. Rechts neben der Batterie befindet sich das Messmodul mit aufgesetztem Shunt. Es verfügt über einen USB Ausgang, welcher für diese Projektarbeit in Kapitel 2 *Analyse des Messsystems* genauer untersucht wurde.

1.3 Netzwerkanbindung

Zum Herstellen einer Netzwerkverbindung wurden die in Abb. 5 dargestellten W-LAN Richtantennen montiert. Sie überbrücken wie in Abb. 6 zu sehen eine Distanz von 90m Luftlinie bis zur Wohnung von Bekannten, welche ihr W-LAN freundlicherweise zur Verfügung stellen. Jedoch bedurfte es, den vorhandenen W-LAN Router vor Ort gegen ein leistungsstärkeres Modell (Fritz!Box 7490) auszutauschen und die Position des Gerätes zu verändern. Dazu musste der Telefonanschluss um 10m verlängert werden, sodass das Gerät nun an der nach Norden zeigenden Außenwand platziert werden konnte. Das Gegenstück dazu bildet eine Fritz!Box 7390, die sich im Gartenhaus befindet. Die Richtantennen wurden mit entsprechenden Adaptern direkt auf der Platine der Fritz!Box eingesteckt. Nach langwieriger Ausrichtung und Justierung der Antennen und nachdem die perfekte Position des Routers in der Wohnung gefunden war, ergaben iPerf Messungen auf der Funkstrecke eine Übertragungsrate von ca. 30 MBit netto (siehe Listing 1). Dabei dienten iPerf Messpunkte, welche in der Benutzeroberfläche der Fritz!Boxen aktiviert werden können, als Referenzpunkt. Nachdem über einen längeren Zeitraum Messungen angestellt wurden, wurde jedoch ersichtlich, dass die Übertragungsrate nicht als zuverlässig eingestuft werden kann. Vor allem erhöhte Luftfeuchtigkeit und Objekte mit hohem Wassergehalt im Übertragungsweg (Bäume) beeinträchtigen die Übertragung.



Abb. 5: Richtfunkantennen W-LAN

1 Einleitung

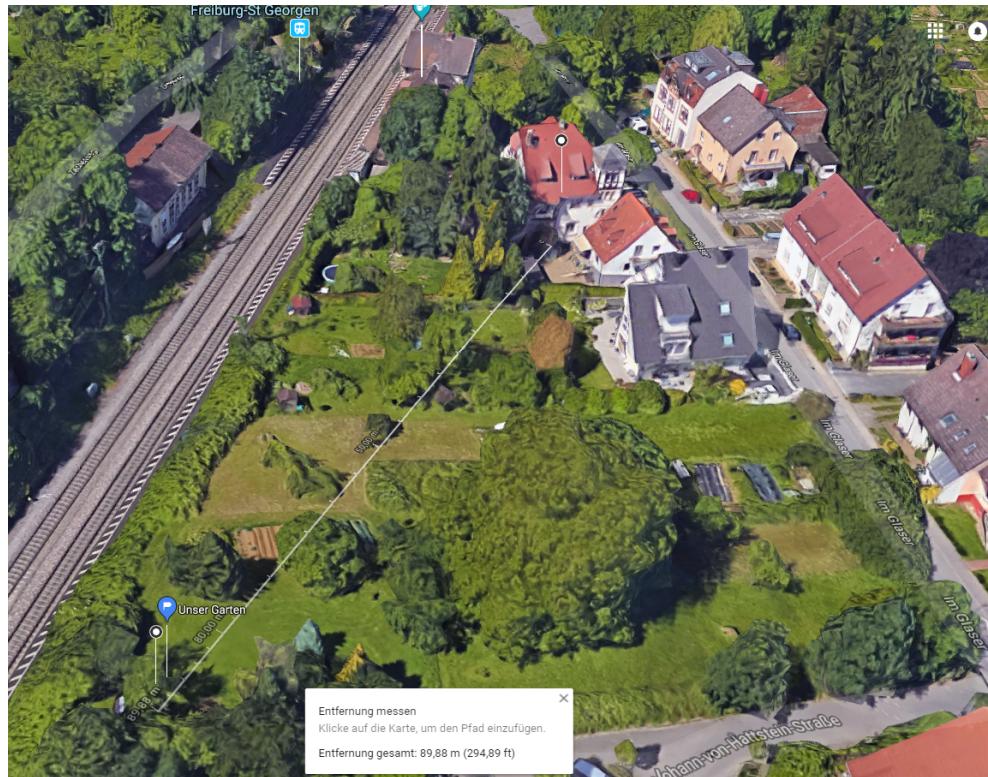


Abb. 6: Entfernung zwischen Gartenhaus und DSL-Anschluss

Listing 1: iPerf Messung

```
1 Client connecting to 192.168.188.22, TCP port 4711
2 TCP window size : 2.62 Mbit (WARNING: requested 16.8 Mbit)
3
4 [ 5] local 192.168.188.31 port 59350 connected with 192.168.188.22 port 4711
5 [ 3] local 192.168.188.31 port 59356 connected with 192.168.188.22 port 4711
6 [ 4] local 192.168.188.31 port 59354 connected with 192.168.188.22 port 4711
7 [ 6] local 192.168.188.31 port 59352 connected with 192.168.188.22 port 4711
8
9 ID Interval Transfer Bandwidth
10 [ 5] 0.0 - 1.0 sec 6.29 Mbits 6.29 Mbits/sec
11 [ 4] 0.0 - 1.0 sec 6.29 Mbits 6.29 Mbits/sec
12 [ 6] 0.0 - 1.0 sec 6.29 Mbits 6.29 Mbits/sec
13 [ 3] 0.0 - 1.0 sec 6.29 Mbits 6.29 Mbits/sec
14 [SUM] 0.0 - 1.0 sec 25.2 Mbits 25.2 Mbits/sec
15 [ 5] 1.0 - 2.0 sec 8.39 Mbits 8.39 Mbits/sec
16 [ 3] 1.0 - 2.0 sec 8.39 Mbits 8.39 Mbits/sec
17 [ 6] 1.0 - 2.0 sec 8.39 Mbits 8.39 Mbits/sec
18 [ 4] 1.0 - 2.0 sec 8.39 Mbits 8.39 Mbits/sec
19 [SUM] 1.0 - 2.0 sec 33.6 Mbits 33.6 Mbits/sec
20 [ 3] 2.0 - 3.0 sec 8.39 Mbits 8.39 Mbits/sec
21 [ 4] 2.0 - 3.0 sec 8.39 Mbits 8.39 Mbits/sec
22 [ 6] 2.0 - 3.0 sec 9.44 Mbits 9.44 Mbits/sec
23 [ 5] 2.0 - 3.0 sec 9.44 Mbits 9.44 Mbits/sec
24 [SUM] 2.0 - 3.0 sec 35.7 Mbits 35.7 Mbits/sec
```

1.4 Netzwerkstruktur

Die Grundlage für die Verbindung der Raspberry Pi (siehe Kapitel 4 Datenübertragung) bildet die in Abb. 1.4 abgebildete Netzwerkstruktur. Für die Domains garten.wiche.eu und owncloud.wiche.eu sind *DNS ALIAS records* eingetragen worden, welche auf die myfritz (dynamic DNS) Adressen der Fritz!Boxen und somit immer auf die aktuelle externe IP der jeweiligen Fritz!Box zeigen. Die beiden Fritz!Boxen wurden über einen VPN Tunnel miteinander verbunden. Der W-LAN Router im Gartenhaus besitzt somit eine IP Adresse (192.168.188.22), welche aus dem Netz, in welchem die Anzeige der Daten erfolgen soll, erreichbar ist. Der Router im Gartenhaus leitet Anfragen auf diese Adresse, auf den Ports 22 (SSH), 8080 (HTTP) und 3306 (MySQL) auf die IP des Raspberry Pi Zero (192.168.200.28) weiter. Für Wartungszwecke wurde der Port für SSH (22) und ein testweiser Zugang via Webbrower (Port 8080) auch von Seiten des Internets weitergeleitet. Somit kann der Webserver des Raspberry Pi Zero mit der Adresse <http://garten.wiche.eu:8080> erreicht werden. Nicht weitergeleitet wird jedoch Port 3306. Über diesen erfolgt die unverschlüsselte Kommunikation für MariaDB bzw. MySQL Server. Eine Verbindung ist hier aus Sicherheitsgründen lediglich über den VPN Tunnel möglich. Zusätzlich besitzt auch der W-LAN Router im Gartenhaus eine öffentlich zugängliche Web-Schnittstelle. Wird von außen die Domain garten.wiche.eu unter Port 444 aufgerufen, so wird die Verbindung auf die interne IP 192.168.178.22 Port 443 (SSL) weitergeleitet.

1 Einleitung

NETZWERKANBINDUNG GARTENHAUS

Julian Wiche | May 15, 2018

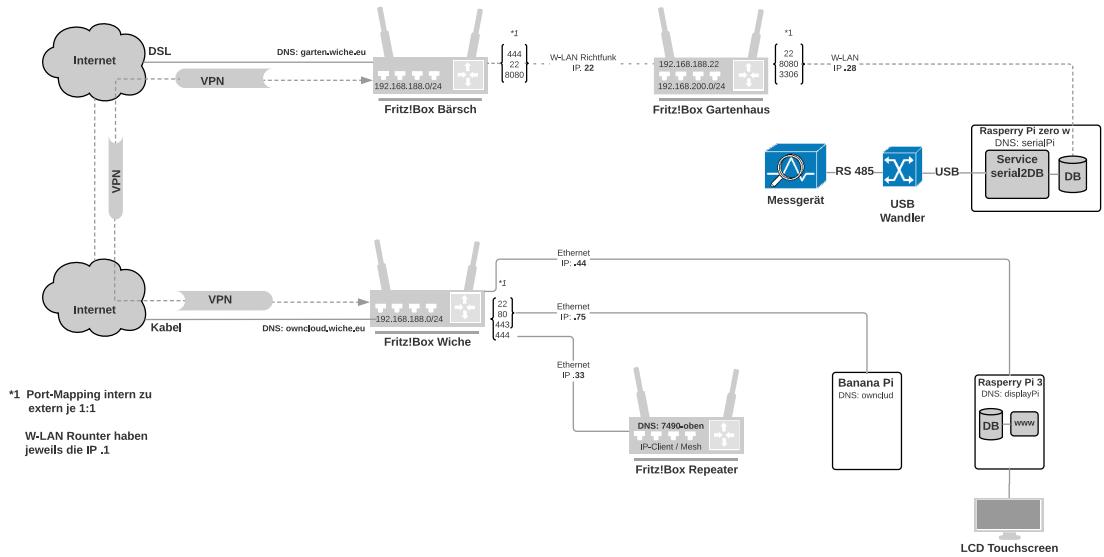


Abb. 7: Strukturelle Darstellung der Netzwerkanbindung

2 Analyse des Messsystems

2.1 Beschreibung Messsystem

Bei dem in der Anlage verbauten Messgerät handelt es sich um ein Multimeter der Firma Drok[1] (siehe Abb. 8). Es ist für Gleichspannungen von 0-120V und misst **Gleichströme** von 0-100A. Dabei hat es eine Genauigkeit von 100mA bzw 10mV. Für die Solaranlage ist es dadurch ideal. Für die Messung des Stroms wird hier ein Shunt-Widerstand eingesetzt. Es kommuniziert entweder per USB Verbindung oder per Funk mit dem zugehörigen Display.



Abb. 8: Messsystem mit Display

2.2 USB heißt USB?

Der erste Ansatz war, die Messeinheit per USB Kabel an einen Computer anzuschließen und zu analysieren, ob eine Gerätekasse oder Ähnliches, übertragen wird. Da es sich bei dem beigelegten Kabel um ein USB Kabel handelte, war davon auszugehen, dass es sich bei dem übertragenen Signal ebenfalls um ein USB Signal handelt. Wie in Abb. 9 zu sehen wurde das Gerät aber von Windows nicht erkannt. Das ist für ein Gerät ohne passenden Treiber auch erst einmal normal. Jedoch lieferte das Gerät nicht einmal eine Geräte-ID. Da Windows aber mit Details hier relativ zurückhaltend ist, wurden in Folge unter Linux die Ausgaben von **dmesg** (Listing 2) genauer untersucht. Hier war zu erkennen, dass das Gerät nicht einmal eine Gerätekasse übermittelt. Somit stellte sich die Frage, ob es sich überhaupt um ein USB Signal handelt.

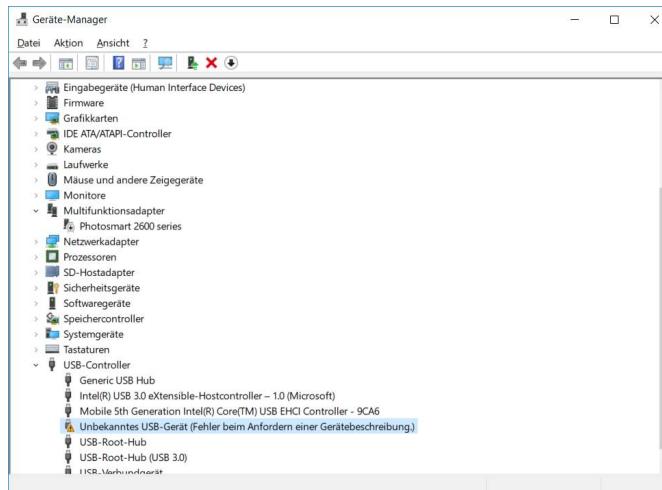


Abb. 9: Windows Gerätetmanager: USB-Gerät nicht erkannt

Listing 2: dMesg Ausgabe beim Anschluss per USB

```

1 [usb 7-1: new low-speed USB device number 10 using uhci_hcd
2 [ 154.172116] usb 7-1: device descriptor read/64, error -71
3 [ 154.404070] usb 7-1: device descriptor read/64, error -71
4 [ 154.624065] usb 7-1: new low-speed USB device number 11 using uhci_hcd
5 [ 154.744074] usb 7-1: device descriptor read/64, error -71
6 [ 154.968086] usb 7-1: device descriptor read/64, error -71
7 [ 155.184094] usb 7-1: new low-speed USB device number 12 using uhci_hcd
8 [ 155.592096] usb 7-1: device not accepting address 12, error -71
9 [ 155.704075] usb 7-1: new low-speed USB device number 13 using uhci_hcd
10 [ 156.112046] usb 7-1: device not accepting address 13, error -71
11 [ 156.112080] usb usb7-port1: unable to enumerate USB device

```

2.3 Optische Analyse

Aufgrund der Zweifel an der Beschaffenheit des Signals, wurde die Platine des Messmoduls optisch untersucht. In Abb. 10 ist zu erkennen, dass die Datenpins des USB Anschlusses über zwei 200 Ohm Widerstände auf einen Chip leiten, welcher in Abb. 11 größer abgebildet ist. Bei näherer Betrachtung von Abb. 11 erkennt man die Bezeichnung des Chips: **SN75176B**. Nach einer kurzen Internetrecherche fand sich das in 2.3 abgebildete Datenblatt des Chips. Daraus wurde ersichtlich, dass es sich bei dem Signal um ein serielles RS485 bzw RS422 Signal handeln muss.

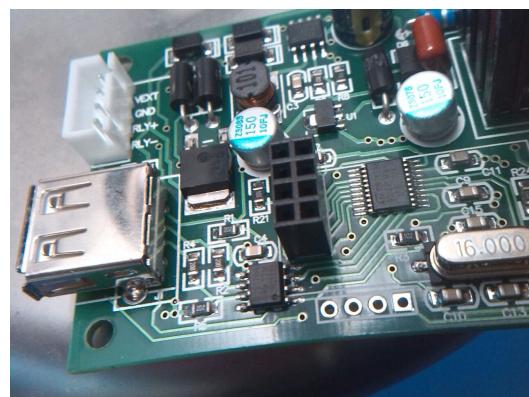


Abb. 10: Platine des Messsystems

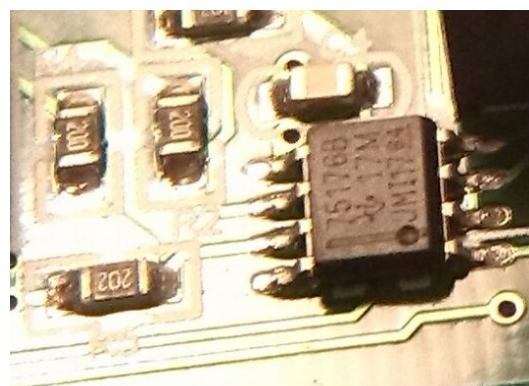


Abb. 11: Vergrößerte Ansicht des IC „SN75176B“

2.4 Datenblatt des IC SN75176B [8]

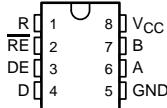
SN65176B, SN75176B DIFFERENTIAL BUS TRANSCEIVERS

SLLS101D – JULY 1985 – REVISED APRIL 2003

- Bidirectional Transceivers
- Meet or Exceed the Requirements of ANSI Standards TIA/EIA-422-B and TIA/EIA-485-A and ITU Recommendations V.11 and X.27
- Designed for Multipoint Transmission on Long Bus Lines in Noisy Environments
- 3-State Driver and Receiver Outputs
- Individual Driver and Receiver Enables
- Wide Positive and Negative Input/Output Bus Voltage Ranges
- Driver Output Capability . . . ± 60 mA Max
- Thermal Shutdown Protection
- Driver Positive and Negative Current Limiting
- Receiver Input Impedance . . . $12\text{ k}\Omega$ Min
- Receiver Input Sensitivity . . . ± 200 mV
- Receiver Input Hysteresis . . . 50 mV Typ
- Operate From Single 5-V Supply

SN65176B . . . D OR P PACKAGE
SN75176B . . . D, P, OR PS PACKAGE

(TOP VIEW)



description/ordering information

The SN65176B and SN75176B differential bus transceivers are integrated circuits designed for bidirectional data communication on multipoint bus transmission lines. They are designed for balanced transmission lines and meet ANSI Standards TIA/EIA-422-B and TIA/EIA-485-A and ITU Recommendations V.11 and X.27.

The SN65176B and SN75176B combine a 3-state differential line driver and a differential input line receiver, both of which operate from a single 5-V power supply. The driver and receiver have active-high and active-low enables, respectively, that can be connected together externally to function as a direction control. The driver differential outputs and the receiver differential inputs are connected internally to form differential input/output (I/O) bus ports that are designed to offer minimum loading to the bus when the driver is disabled or $V_{CC} = 0$. These ports feature wide positive and negative common-mode voltage ranges, making the device suitable for party-line applications.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (P)	Tube of 50	SN75176BP	SN75176BP
	SOIC (D)	Tube of 75 Reel of 2500	SN75176BD SN75176BDR	75176B
	SOP (PS)	Reel of 2000	SN75176BPSR	A176B
-40°C to 105°C	PDIP (P)	Tube of 50	SN65176BP	SN65176BP
	SOIC (D)	Tube of 75 Reel of 2500	SN65176BD SN65176BDR	65176B

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

2.5 Messung mithilfe eines Logic-Analyzers

Der Messaufbau, welcher in Abb. 12 zu sehen ist, beinhaltet das Messmodul, das oben links abgebildet ist, einen USB-Terminal Block rechts daneben, einen RS-485 auf USB Adapter darunter und einem Logic-Analyzer unten links. Beschrieben wird im Uhrzeigersinn beginnend mit dem Messmodul oben links; in dessen USB-Buchse befindet sich ein Lötstecker. Das Ende der angelöteten Adern wurde eins zu eins auf den USB-Terminalblock verbunden. Parallel dazu sind vier weitere Adern aufgeklemmt, welche zu dem RS-485 Adapter führen. Auf der Strecke dorthin ist an den Datenadern D+ und D- der Logic-Analyzer angeschlossen. Per USB-Kabel, welches im Terminal-Block steckt, ist (außerhalb vom Bild) das mitgelieferte Display (siehe Abb. 8) angeschlossen. Im ersten Schritt wurde der RS-485 Adapter parallel an den Terminalblock mit angeschlossen. Infolgedessen wurde versucht, die für den Betrieb erforderliche Baudrate zu erraten. Da jedoch überdies auch die Anzahl der Start- und Stopppbits unbekannt war, erwies sich dies als Sackgasse. Nachdem von Seiten des Herstellers (Firma Drok [1]) und nach Recherche im Internet keine Angaben zur Baudrate zu finden waren, wurde für die genauere Analyse ein Logic-Analyzer der Firma Saleae [2] beschafft (Abb. 12 unten links). Die Bestimmung der Baudrate war damit nach kurzer Einarbeitung trivial.

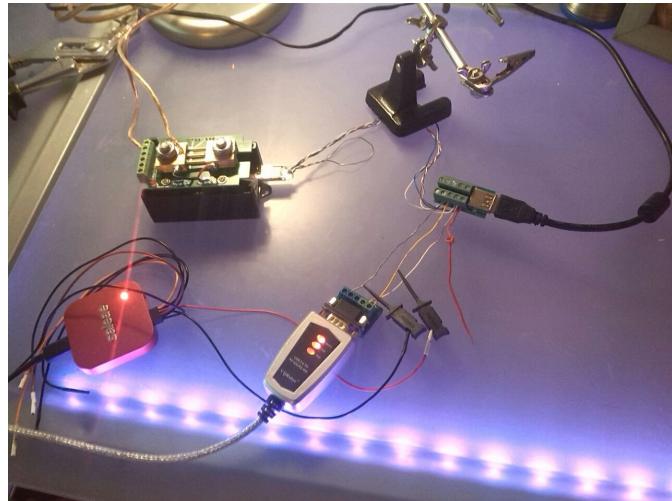


Abb. 12: Aufbau der Messung

2.6 Messung des Signals

Das Ergebnis einer Messung über ca. 1 Sekunde bei weiterhin angeschlossenem Displaymodul ist in Abb. 13 zu sehen. Hier zeichnet sich ein Muster aus einem kurzen Signal (größer in Abb. 15) und einem längeren Signal (größer in Abb. 14) ab, welches sich zeitlich fortsetzt. Da die Kommunikation über RS-485 bidirektional ist, könnte es sein, dass das kurze Signal vom Displaymodul gesendet wird. Da eine Messung ohne Displaymodul erfolglos blieb, ist darüber hinaus davon auszugehen, dass sich das Displaymodul in diesem Abschnitt mit einer Art Handshake dem Messmodul bekanntmacht.



Abb. 13: Signalansicht Totale

2.6.1 Bestimmung der Baudrate

Wie in Abb. 14 rot markiert, beläuft sich die Dauer des kürzesten positiven Impulses auf 17,49 μ s und die Länge des kürzesten negativen Impulses auf 17,11 μ s. Das arithmetische Mittel daraus ergibt 17,3 μ s, was einer Baudrate von 57803,47 entspricht. Abgerundet wurde die nächste Standardübertragungsrate mit 57600 Baud/s gewählt. Jedoch blieb die Nutzlast bisweilen im Verborgenen, denn die Anzahl der Start- und Stoppbits war weiter unklar.

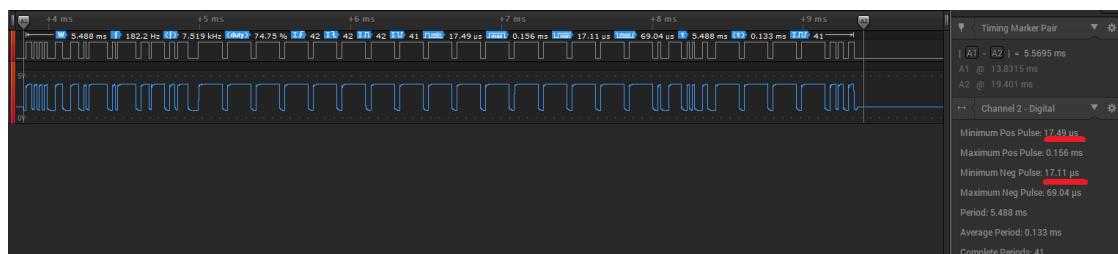


Abb. 14: Signalansicht langer Abschnitt

2.6.2 Decodierung des Signals

Der erste Schritt war das Abzählen der Bits. Hierbei wurde der kurze Abschnitt herangezogen. Die Anzahl von 52 Bits warf jedoch neue Rätsel auf, da sie sich nicht durch 9 (8 Bit plus ein Stoppbit) oder 10 (bei Vorhandensein eines Startbits) teilen lässt.



Abb. 15: Anzahl der Bits im kurzen Abschnitt

In Abb. 16 gelang es nun, das Signal zu dekodieren. Die Polarität der RS-485 Verbindung an den Datenpins des USB Steckers war verpolt. Infolgedessen war auch das gemessene Signal invertiert. Die erste Zahlenreihe in Abb. 16 zeigt den eigentlichen Verlauf der Logikpegel, die Zeile darunter zeigt die invertierten Logikpegel. Die Startbits, die laut Standard als logische Null dargestellt werden, sind hier als *grünes S* hervorgehoben. Wie sich weiterhin erkennen lässt, existieren jeweils zwei Stoppbits, welche laut Standard als logische Eins gekennzeichnet werden und hier als *rotes S* kenntlich gemacht werden. Wie in Zeile 3 zu sehen, bedurfte es einer weiteren Korrektur, da das Signal small-endian war, also das MSB (Most-significant-bit) zuerst gesendet wird. In der untersten Zeile ist die letztlich komplett dekodierte Zahl $04A3_h$ zu sehen, welche ins Dezimalsystem umgewandelt und durch 100 geteilt, den 11.87 V (siehe Abb. 17) - und somit der augenblicklichen Systemspannung entspricht. Die Übertragung der anderen dargestellten Werte erfolgt analog dazu. Lediglich der Teilungsfaktor variiert je nach Genauigkeit der jeweiligen Messung und die Betriebszeit wird in Sekunden übertragen. Die Umrechnung in Minuten und Stunden erfolgt im Displaymodul. Die Werte sollen roh, also ohne Teilungsfaktor oder Umrechnung in eine Uhrzeit, gespeichert werden. Die Umrechnung erfolgt erst sobald die Werte, zum Beispiel in einem Graph, angezeigt werden sollen. Das Displaymodul fordert mit dem Hexstring AA 04 01 01 B0_h neue Daten an. Durch programmatisches Senden dieser Nachricht gelang es, auch ohne angeschlossenes Displaymodul Messdaten zu empfangen. Laut Anleitung können über das Displaymodul zudem Einstellungen wie zum Beispiel das Setzen einer Schwellenspannung vorgenommen werden, ab der ein optional an der Messeinheit angeschlossenes Relaismodul einen Kontakt öffnet um den Stromkreis zu unterbrechen. Darüber hinaus kann eine Adressierung für eine verschlüsselte Funkverbindung eingestellt werden. Da jedoch alle bislang bedachten Möglichkeiten für die Nutzung dieser Einstellungen uninteressant waren, wurde die genaue Bedeutung dieser Botschaft nicht genauer untersucht.

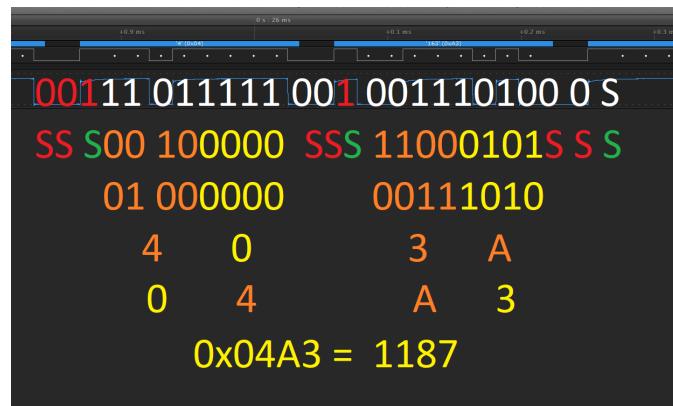


Abb. 16: Kodierung des Signals

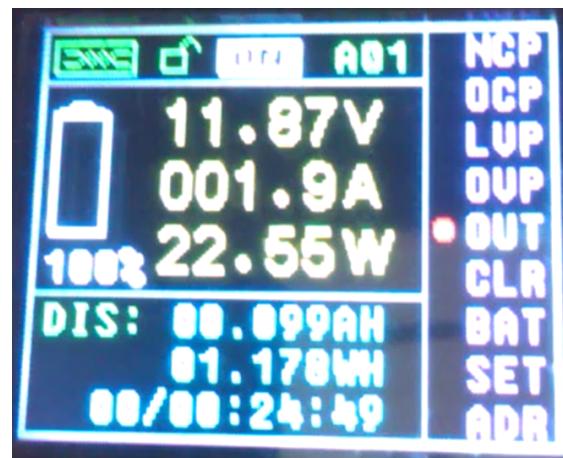


Abb. 17: Entsprechung der Zahlen auf dem Display

2.7 Test an einem Windows PC

Nachdem die Übertragungsdetails bekannt waren, erfolgte ein erster Test an einem Windows Computer. Hierzu wurde ein USB auf RS-485 Adapter verwendet. In Abb. 19 ist der lange Abschnitt (siehe 2.6 Messung des Signals) zu sehen, welcher 39 Byte umfasst und stets mit den Bytes AA_h $1C_h$ beginnt. Die Spannung findet sich in Byte 4 und 5, der Strom in 6 und 7, die Leistung in 9 bis 11, die Ladung in 12 bis 15, die Arbeit in 16 bis 19 und die Betriebszeit, welche in Sekunden angegeben ist, in 20 bis 23. Ladung und Leistung sind dabei im Zweierkomplement angegeben, da die Zahlen negativ werden können. Den Schluss bildet das $1C_h$.



Abb. 18: Verwendeter Adapter USB zu RS-485

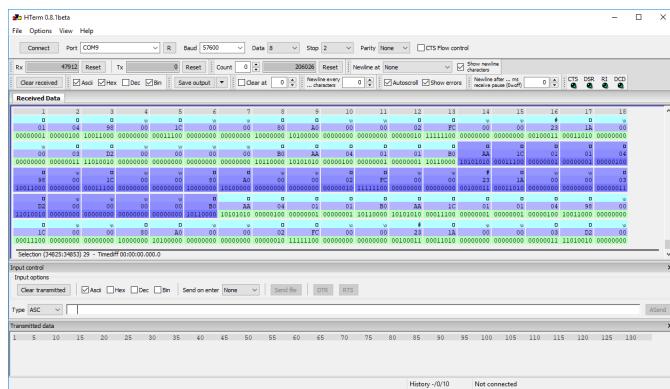


Abb. 19: Signalansicht im Windows Programm HTerminal

3 Datenerfassung und Speicherung

3.1 Verwendete Komponenten

Im Gartenhaus kommen folgende Komponenten zum Einsatz:

- Raspberry Pi Zero W (Kapitel 3.1.2 Abb. 23)
- Verwendeter Adapter USB zu RS-485 (Kapitel 2.7 Abb. 18)
- Messsystem mit Display (Kapitel 2.1 Abb. 8)
- verschiedene Adapter (Kapitel 3.1.1 Abb. 21, 22)
- W-LAN Router (Fritz!Box)

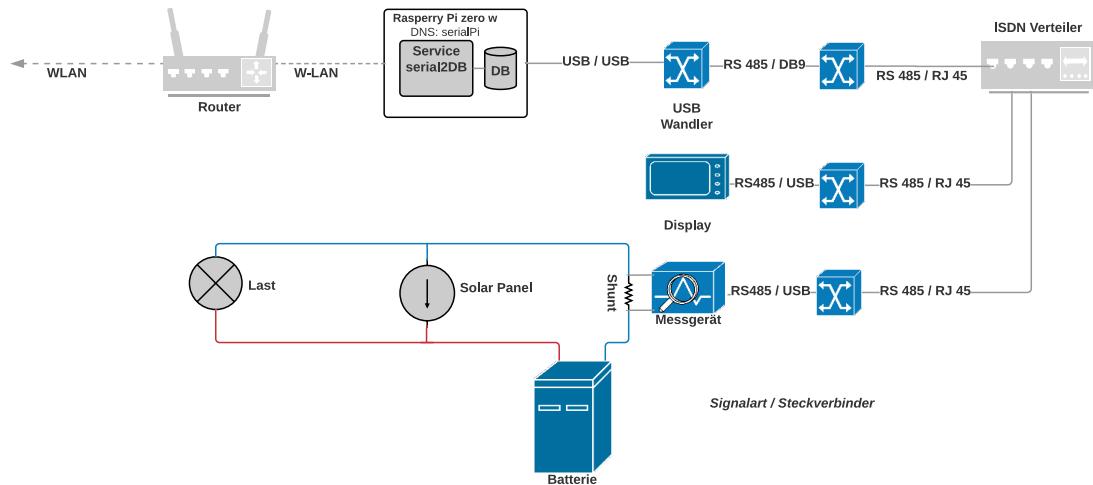


Abb. 20: Struktur der Komponenten im Gartenhaus

3.1.1 Verbindung der Komponenten

Messeinheit und Displayeinheit verfügen jeweils über einen USB Anschluss. Jedoch ist das übertragene Signal kein USB, sondern ein RS-485 Signal. Für die Übertragung eines solchen Signals sind DB-9 Stecker, wie ihn der verwendete RS-485 Adapter besitzt, üblich. Nun stellte sich die Frage, wie sich all diese Komponenten sinnvoll miteinander verbinden lassen. Der gemeinsame Nenner ist hier RJ-45. Wie in Abb. 21 zu sehen, wird DB-9 über einen Adapter auf RJ-45 adaptiert. Ein weiterer Adapter (Abb. 22) adaptiert jeweils USB auf RJ-45, wobei ein herkömlicher ISDN Y-Verteiler schließlich alle Komponenten miteinander verknüpft. Da die Anschlüsse des DB-9 Adapters frei steckbar sind, kann dessen Belegung an die Belegung der USB Adapter angepasst werden.



Abb. 21: Adapter DB9 zu RJ45



Abb. 22: Adapter DB9 zu RJ45

3.1.2 Anschluss des Raspberry Pi

Der Raspberry Pi Zero W verfügt über einen micro USB Host Anschluss und verbindet sich über ein eingebautes W-LAN Modul mit dem Netzwerk (siehe 1.3 Netzwerkanbindung). Eine über das ebenfalls verbaute Bluetooth Modul verbundene Tastatur muss versuchen über die mangelnde Anzahl an USB Anschlüsse hinwegzutäuschen. Die Stromversorgung erfolgt über einen der zwei micro USB Anschlüsse und wird von einem step down Wandler mit 5V Betriebsspannung versorgt. Der Stromverbrauch liegt laut einer Messung von Raspi.tv [4] zwischen 120mA im Leerlauf und 170mA beim Betrachten eines Films mit einer Auflösung von 1080p. Im gegebenen Szenario scheint ein Verbrauch von 150mA bei 5,2V realistisch. Das entspricht einer Leistung von 780mW und einer Entladung von 1,56 A/h je 24 Stunden bei 12 V. Der andere micro USB Anschluss wird mit einem USB Host Adapter verwendet, um einen USB zu RS 485 Adapter (siehe Abb. 18) zu betreiben. Im weiteren Vorgehen wird dieser jedoch eventuell gegen ein auf die GPIO's aufsteckbares Modul ausgetauscht, um Strom und Anschlüsse zu sparen.



Abb. 23: Raspberry Pi Zero W

3.2 Manuelles Lesen von der seriellen Schnittstelle

Der per USB angeschlossene RS-485 Adapter wurde erkannt und ist laut dmesg Ausgabe unter `/dev/ttyUSB0` erreichbar. Wie in Listing 3 zu sehen, muss der Anschluss parametrisiert werden, um (Zeile 2) davon lesen zu können. Das darunter abgebildete Listing 4 zeigt einen Hexdump der übertragenen Daten. Hier lässt sich wieder die Bytefolge erkennen, welche, wie bereits in Kapitel 2.7 *Test an einem Windows PC* beschrieben wurde, stets mit AA_h und 1C_h beginnt, 39 Byte beinhaltet und mit B0_h endet.

Listing 3: Konfiguration der seriellen Schnittstelle

```
1  stty -F /dev/ttyUSB0 speed 57600 cs8 cstopb raw -echo -echoe -echok
2  od -A n -N KB -t x1 -w128 /dev/ttyUSB0
```

3 Datenerfassung und Speicherung

Listing 4: Hexdump Linux

```

1 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 04 00 00 00 00 a7 aa 04
01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 04 00 00 00
00 a7 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04
05 00 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00
01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01
b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8
aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00
00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00
18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00
00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00
00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa
1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00 a8 aa 04
01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00
00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00
05 00 00 00 00 00 a8 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 05 00 00 00 00
43 00 18 04 06 00 00 00 00 a9 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 0b
27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 a9 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 00
00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 00 a9 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 00 a9 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 00 a9 aa 04 01 01
b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
00 00 00 a9 aa 04 01 01 b0 aa 1c 01 01 04 c2 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84 43 00 18 04 06 00 00 00 00 00 0b 27 00 00 84
18 04 06 00 00 00 00 a9 aa 04 01 01 b0

```

3.3 Automatisches Erfassen und Speichern der Daten

3.3.1 Datenbankstruktur

Für die Speicherung der Daten, wurde MariaDB gewählt. Hierbei handelt es sich um eine quelloffene Abspaltung (Fork) aus MySql. Für jedes Datum wurde, wie in 5 zu sehen, eine Integer-Spalte gewählt. Dabei wird die Tabelle durch zwei weitere Spalten ergänzt. Einerseits wird durch eine von MariaDB selbstständig verwaltete, sich eigenständig bei jedem neuen Eintrag erhöhende, einzigartige Identifikationsnummer (Unique ID, Autoincrement) erzeugt, welche als Schlüsselindex behandelt wird. Da es sich bei der vom Messmodul empfangenen Zeit lediglich um eine relative Zeit seit Beginn der Aufzeichnung handelt, wird zum anderen ein ebenfalls automatisch bei neuem Einträgen generierter Zeitstempel hinzugefügt. Aus Sicherheitsgründen wurde für das Script ein separater Datenbankbenutzer angelegt, welcher nur Zugriff auf die ausgewählte Datenbank erhält. Zudem wird der Zugriff darauf nur vom lokalen System aus gestattet.

Listing 5: Struktur der MariaDB Tabelle

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
id	int (10)	NO	PRI	NULL	auto_increment
voltage	int (11)	YES		NULL	
current	int (11)	YES		NULL	
power	int (11)	YES		NULL	
charge	int (11)	YES		NULL	
work	int (11)	YES		NULL	
time	int (11)	YES		NULL	
curtime	timestamp	NO		CURRENT_TIMESTAMP	on update CURRENT_TIMESTAMP

3.3.2 Wahl der Programmiersprache

Die Wahl fiel aufgrund bereits vorhandener Erfahrungen und des hohen Programmierkomforts auf PHP. Diese Sprache bringt bereits Klassen für die Kommunikation mit MySQL Datenbank-Servern mit. Nach kurzer Recherche zeigte sich darüber hinaus, dass auch eine Kommunikation über die serielle Schnittstelle damit sehr einfach realisierbar ist. Bei PHP handelt es sich um eine Scriptssprache, welche ähnlich wie Perl oder Python zur Laufzeit interpretiert wird. Das bedeutet jedoch, dass diese Kompilierung quasi zur Laufzeit erfolgen muss, was die Ausführungszeit im Vergleich zu einem C Programm deutlich erhöht. Da in diesem Fall jedoch keine Echtzeitfähigkeit gefordert ist, kann dieser Punkt vernachlässigt werden.

3.3.3 Einbindung der Bibliothek PHP-Serial

Für die Kommunikation über die serielle Schnittstelle wurde die PHP-Library „PHP-Serial“[3] herangezogen, welche wie in Listing 6 zu sehen, eingebunden wird. Die Library erweitert PHP um die nötigen Funktionen für die Konfiguration der zu verwendenden Schnittstelle und stellt darüber hinaus die nötigen Lese- und Schreibpuffer zur Verfügung.

Listing 6: Einbindung von PHP-Serial

```

1     default:
2         echo "anderes signal abgefangen...\n";
3         $GLOBALS["continueLoop"] = false;
4         break;
5     }
6 }
7 }
8
9 // Signalverarbeitung einrichten
10 pcntl_signal(SIGTERM, "sig_handler");
11 pcntl_signal(SIGHUP, "sig_handler");
12 pcntl_signal(SIGUSR1, "sig_handler");
13 pcntl_signal(SIGINT, "sig_handler");
14
15
16
17 //Wenn das Display mitangeschlossen ist auf false,
18 // sonst auf true;
19 requestData = true;
20
21 // Let's start the class
22 $serial = new PhpSerial;
23
24 // First we must specify the device. This works on both linux and windows (if
25 // your linux serial device is /dev/ttyS0 for COM1, etc)
26 $serialPortUri = "/dev/ttyUSB0";
27 $serial->deviceSet($serialPortUri);
28
29 // We can change the baud rate, parity, length, stop bits, flow control
30 $serial->confBaudRate(57600);
31 $serial->confParity("none");
32 $serial->confCharacterLength(8);

```

3.4 Programm Serial2DB

Das PHP Programm Serial2DB, welches später im Hintergrund als Service laufen soll, initialisiert zunächst Datenbank, serielle Schnittstelle und die Signalhandler und betritt dann die Hauptschleife. Da das Displaymodul seinerseits Daten vom Messmodul anfragt, wurde ein Schalter **requestData** eingebaut. Ist er eingeschaltet, so sendet das Programm bei jedem Schleifendurchlauf das Schlüsselwort AA 04 01 01 B0_h (siehe Kapitel 2.6.2 Decodierung des Signals). Die in Abb. 3.4 gezeigte Funktion `handleResponse` wird aufgerufen, sobald der Hexstring **response** eingetroffen ist. Sie prüft, ob es sich bei den ersten beiden Bytes um AA_h und 1C_h handelt. Ist diese Bedingung erfüllt, werden darauffolgende Bytes dem Daten Array hinzugefügt. Sobald dieses die Länge von 27 erreicht, wird der Funktion `evaluateData` das Array übergeben, welche die weitere Datenverarbeitung bündelt.

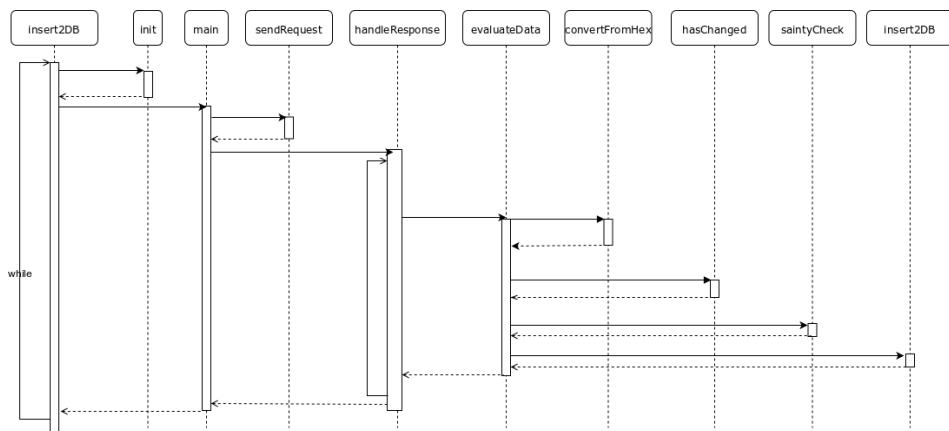


Abb. 24: Sequenzdiagramm des Programms Serial2DB

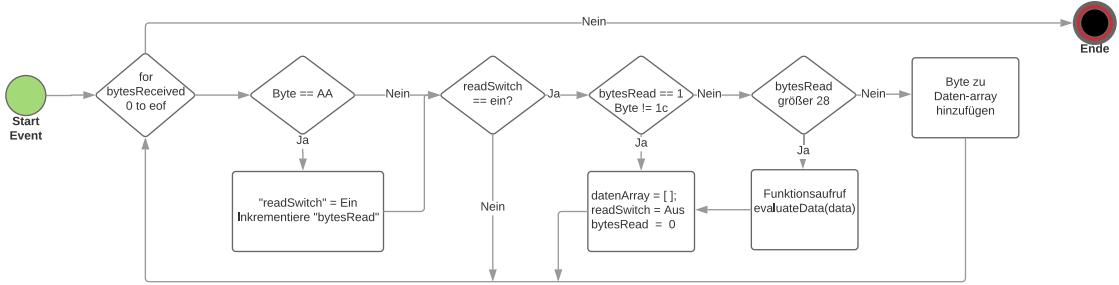


Abb. 25: Struktur der Funktion `handleResponse`

3.4.1 Aufbereitung und Filterung

In der Funktion `evaluateData` wird jeweils ein fertig eingelesenes Datenwort in seine Bestandteile wie z.B. Strom oder Spannung zerlegt. Diese werden mit einem Aufruf der Funktion `convertFromHex` aus ihrer Byte Repräsentation in eine Variable des entsprechenden Zahlentyps umgewandelt. So liegt zum Beispiel die Ladung oder der Strom im Zweierkomplement vor, wobei die anderen Werte nie negativ werden und daher gesondert behandelt werden müssen. Zurückgegeben wird ein assoziative Array mit den Schlüsseln cur, vlt, pow, chg, wrk und time. Dieses Array wird in der Funktion `dataHasChanged` mit dem Datensatz der letzten Schleifeniteration auf Unterschiede in Spannung, Strom oder Leistung untersucht. Da es in ersten Versuchen leider vermehrt zu fehlerhaften Daten gekommen ist, untersucht die Funktion `sanityCheck` (siehe Listing 7) die Daten auf ihre Sinnhaftigkeit. Im ersten Schritt wird hierbei geprüft, ob sich das entsprechende Datum innerhalb gewisser numerischer Grenzen bewegt. Die Betriebsspannung darf sich zum Beispiel nur im Bereich zwischen 5 und 15 Volt bewegen, da die Batterie vor Tiefentladung unter 11V geschützt wird und die Spannung des Panels in Belastung nie 15V übersteigt. Beim Strom wurde als Metrik die maximale Stromabgabe des Solarpanels als negative Grenze herangezogen, wobei für die obere Grenze die maximale Stromaufnahme des an der Batterie angeschlossenen Wechselrichters gewählt wurde. Zu allen Grenzen wurden großzügige Sicherheiten hinzu addiert, um zu vermeiden, dass tatsächlich auftretende Extremwerte nicht verworfen werden. Da jedoch auch trotz dieser Filterung immer noch fehlerhafte Daten auftreten, wird nun in einem zweiten Schritt die prozentuale Abweichung zu dem zuvor erfassten Wert gemessen. Wird zwischen neuem und altem Wert Null überschritten oder liegt einer der Werte bei Null, so erfolgt eine Sonderfallbehandlung mit einer Prüfung auf numerischer Abweichung zwischen den beiden Werten. Wenn alle Untersuchungen erfolgreich sind, fügt die Funktion `insertIntoDatabase` eine neue Zeile in die in Kapitel 3.3.1 *Datenbankstruktur* näher beschriebene Tabelle hinzu.

Listing 7: Funktion SanityCheck

```

1 function sanityCheck($c,$o,&$isFirst){
2
3     $dbg = false;
4     $eAdd = "";
5
6     $eVlt = !($c["vlt"] >= 5*100 && $c["vlt"] <= 25 *100) ;
7     $eCur = !($c["cur"] >= -12*10 && $c["cur"] <= 200 *10) ;
8     $ePow = !($c["pow"] >= -200*1000 && $c["pow"] <= 2000*1000) ;
9     $eChg = !($c["chg"] >= -500*1000 && $c["chg"] <= 500*1000) ;
10    $eMul = !(( $c["vlt"] * abs($c["cur"])) == abs($c["pow"])) ;

```

3.4.2 Einbindung als Service

Nachdem das Programm die Werte nun zuverlässig in die Datenbank speichert, dabei doppelte Einträge vermeidet und Ausreißer filtert, wurde das Programm nach /opt verschoben und unter /etc/systemd/system wurde die in Listing 8 zu sehende Datei serial2DB.service angelegt. Dafür wurde dem System ein gleichnamiger Benutzer *Serial2DB* hinzugefügt, welcher aus Sicherheitsgründen nur die unbedingt nötigen Rechte besitzt. Um auf die serielle Schnittstelle zugreifen zu dürfen, ist der Benutzer Mitglied der Gruppe *dialout*. Logdateien werden von systemd automatisch in das Syslog eingepflegt und können mit *journalctl -u serial2DB.service* eingesehen werden. Gestartet wird der Service mit *sudo service Serial2DB start*, was jedoch nur nach zuvorigem Stoppen des Dienstes erforderlich ist, da dieser sich bei Systemstart automatisch startet.

Listing 8: Einbindung von PHP-Serial

```

1 [Unit]
2 Description=Listen to serial port and put into database
3 After=mysql.service
4 Requires=mysql.service
5
6 [Service]
7 User=serial2db
8 Group=nogroup
9
10 # Prevent writes to /usr, /boot, and /etc
11 ProtectSystem=full
12
13 # Prevent accessing /home, /root and /run/user
14 ProtectHome=true
15
16
17 TimeoutStartSec=0
18 ExecStartPre=/bin/stty -F /dev/ttyUSB0 speed 57600 cs8 cstopb raw -echo -echoe -echok
19 WorkingDirectory=/opt/serial2DB
20 ExecStart=/opt/serial2DB/serial2DB.php -v V
21 ExecReload=/bin/kill -HUP $MAINPID
22 ExecReload=/opt/serialToDbService.php -v V
23 KillMode=process
24 Restart=always
25 RestartSec=42s
26
27
28 [Install]
29 WantedBy=multi-user.target

```

4 Datenübertragung

4.1 Übertragungsstrecke

Die Endpunkte für die Übertragung bildet jeweils ein Raspberry Pi. Im Gartenhaus befindet sich ein Raperry Pi Zero W, der nicht sehr performant ist, dafür jedoch wenig Strom verbraucht. Am anderen Ende befindet sich ein deutlich leistungsstärkerer Raspberry Pi 3. Auf diesem soll die Datenbank repliziert werden. Zum einen sollen darauf komplexe SQL Abfragen ausgeführt werden, um Statistiken darüber anzeigen zu können. Zum anderen soll darauf eine grafische Benutzeroberfläche angezeigt werden. Der Raspberry Pi 3 hat die IP Adresse 192.168.178.44 im Netz A. Der Raspberry-Pi-Zero hat die IP 192.168.200.28 im Netz C und ist somit in einem Adressraum, der von Netz A eigentlich nicht erreichbar ist. Die Fritz!Box, die Netz C bereitstellt, hat jedoch eine IP Adresse im Netz B (192.168.188.22), welche über den VPN Tunnel von Netz A aus erreichbar ist. Im Router im Gartenhaus ist für den Port 3306, welchen MariaDB zur Replikation benutzt, eine Port-Weiterleitung eingerichtet. Damit kann von Netz A aus eine Verbindung zu 192.168.188.22:3306 aufgebaut werden. Der Router leitet die Anfrage dann an 192.168.200.28:3306 in Netz C weiter. Auf dem Rückweg erreicht der Raspberry Pi Zero (Netz C) den Raspberry Pi 3 (Netz A) direkt unter 192.168.178.44, da der Router die Anfrage an den höher liegenden Router weiterleitet - welcher die in Netz A liegende IP 192.168.178.44 über den VPN Tunnel direkt erreicht.

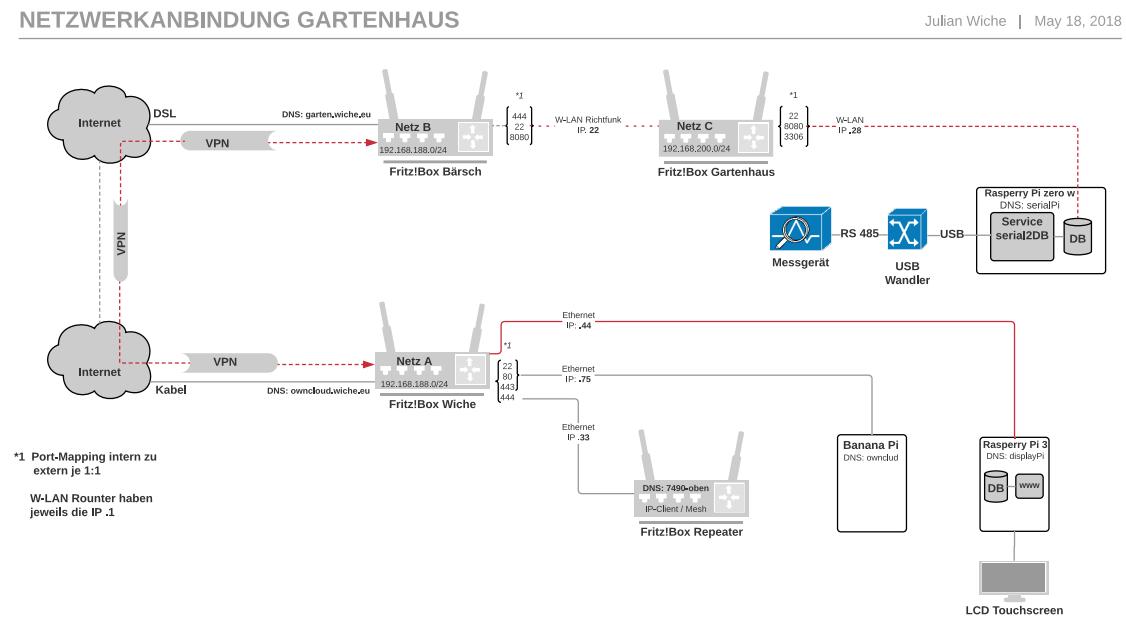


Abb. 26: Verbindung zwischen den beiden RPis

4.2 Bedenken Verbindungseinbrüche

Die Verbindung ist nicht 100% zuverlässig. Zudem bricht die Verbindung bei hoher Luftfeuchtigkeit ein. Daher war wichtig, dass die Replikation auch funktioniert, wenn eine Seite offline geht. In der Dokumentation von MySQL steht dazu:

„Q: Must the slave be connected to the master all the time?

A: No, it does not. The slave can go down or stay disconnected for hours or even days, and then reconnect and catch up on updates. For example, you can set up a master/slave relationship over a dial-up link where the link is up only sporadically and for short periods of time. The implication of this is that, at any given time, the slave is not guaranteed to be in synchrony with the master unless you take some special measures.“ [5]

Damit ist die Replikation für den angedachten Einsatzzweck ideal. Lediglich die Synchronität ist nicht zu jedem Augenblick gewährleistet.

4.3 Einrichtung der MariaDB Replikation

MariaDB stellt eine Funktion zur Verfügung, die es ermöglicht eine Datenbank auf System A mit der Datenbank auf System B zu synchronisieren. Dazu wird in der Master Datenbank ein Benutzer mit Fernzugriff auf den Datenbankserver sowie dem Sonderrecht *REPLICATION SLAVE* hinzugefügt. In der Konfigurationsdatei des Servers („my.conf“) wird dann eine eindeutige Server ID vergeben und das Binär-logging aktiviert. Mit *FLUSH TABLES WITH READ LOCK;* verhindert man, dass während der Einrichtung die Position des Binär-logs verändert wird. In Folge wird ein Backup der Datenbank mit *mysqldump -u root -p Datenbankname > Backup.sql* erstellt, welches dann auf den Slave übertragen und dort eingespielt wird. Im nächsten Schritt wird die Position des Binär-logs und die Master ID im Client eingetragen, woraufhin der Slave gestartet werden kann. Zum Schluss muss nur noch der Schreibschutz auf dem Master mit *UNLOCK TABLES;* wieder aufgehoben werden. Zuletzt wird mit *SHOW SLAVE STATUS\G;* der in Listing 9 abgebildete Zustand des Slaves abgerufen. Im Erfolgsfall steht sowohl *Slave_IO_Running* als auch *Slave_SQL_Running* auf „yes“.

Listing 9: Slave Status

```

1 **** 1. row ****
2           Slave_IO_State: Waiting for master to send event
3           Master_Host: 192.168.188.22
4           Master_User: slave
5           Master_Port: 3306
6           Connect_Retry: 10
7           Master_Log_File: mysql-bin.000002
8           Read_Master_Log_Pos: 2904734
9           Relay_Log_File: mysql-relay-bin.000027
10          Relay_Log_Pos: 206404
11          Relay_Master_Log_File: mysql-bin.000002
12          Slave_IO_Running: Yes
13          Slave_SQL_Running: Yes
14          Replicate_Do_DB: MeasurementData
15          Replicate_Ignore_DB:

```

```

16      Replicate_Do_Table:
17      Replicate_Ignore_Table:
18      Replicate_Wild_Do_Table:
19      Replicate_Wild_Ignore_Table:
20          Last_Error: 0
21          Last_Error:
22          Skip_Counter: 0
23          Exec_Master_Log_Pos: 2904734
24          Relay_Log_Space: 344444
25          Until_Condition: None
26          Until_Log_File:
27          Until_Log_Pos: 0
28          Master_SSL_Allowed: No
29          Master_SSL_CA_File:
30          Master_SSL_CA_Path:
31          Master_SSL_Cert:
32          Master_SSL_Cipher:
33          Master_SSL_Key:
34          Seconds_Behind_Master: 0
35          Master_SSL_Verify_Server_Cert: No
36          Last_IO_Error: 0
37          Last_IO_Error:
38          Last_SQL_Error: 0
39          Last_SQL_Error:
40          Replicate_Ignore_Servers:
41          Master_Server_Id: 1
42          Master_SSL_Crl:
43          Master_SSL_Crlpath:
44          Using_Gtid: No
45          Gtid_IO_Pos:
46          Replicate_Do_Domain_Ids:
47          Replicate_Ignore_Domain_Ids:
48          Parallel_Mode: conservative

```

4.4 Fehleranfälligkeit

Wie in Kapitel »4.2 Bedenken Verbindungseinbrüche« bereits erwähnt, sind Offline-Zeiten sowohl auf Master wie auch auf Slave Seite kein Problem. Jedoch sind Abstürze in diesem Setup ein Problem. In der MySql Dokumentation steht dazu:

„An unclean shutdown (for example, a crash) on the master side can result in the master binary log having a final position less than the most recent position read by the slave, due to the master binary log file not being flushed. This can cause the slave not to be able to replicate when the master comes back up ...“

„Shutting down a slave cleanly is safe because it keeps track of where it left off. However, be careful that the slave does not have temporary tables open; see Section 17.4.1.31, “Replication and Temporary Tables”. Unclean shutdowns might produce problems, especially if the disk cache was not flushed to disk before the problem occurred.“ [6]

Im Falle eines Absturzes müssen sowohl Master als auch Slave mit der RESET Option zurückgesetzt werden. Ein neues Master Backup muss auf dem Slave eingespielt werden und die Position des Master Bin-Log muss auf dem Slave neu eingestellt werden. Das kann je nach Größe der Datenbank einige Zeit in Anspruch nehmen. [7]

5 Datenaufbereitung und Anzeige

5.1 Verwendete Komponenten

Zur Aufbereitung und Anzeige der Daten wurde ein Raspberry Pi 3 gewählt. Daran angeschlossen ist ein 7 Zoll Touchscreen Display. Als Betriebssystem wurde Raspian gewählt dass ist eine auf den Raspberry Pi abgestimmte Version von Debian. Darauf sollen ein Apache2 Webserver, PHP, MariaDB und ein aktueller Webbrower laufen. Denkbar ist auch eine Entkopplung zwischen Display und Webserver. Dies hätte den Vorteil, dass das Display ortsungebunden verwendet werden kann. Das Gerät, auf dem der Webserver läuft, muss zwingend innerhalb des in Kapitel 4 *Datenübertragung* näher beschriebenen VPN sein.

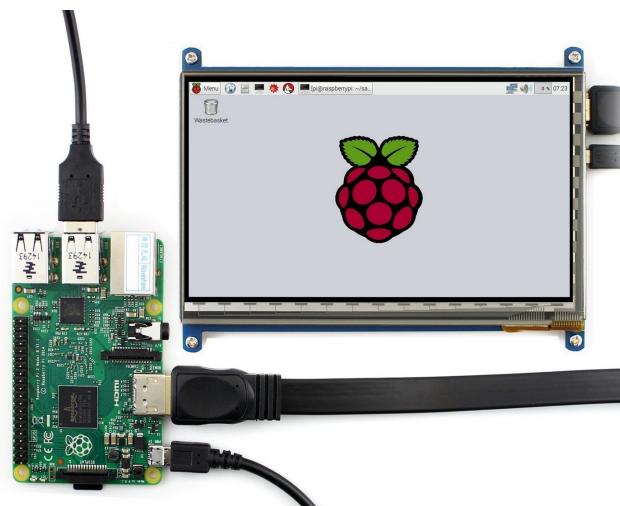


Abb. 27: Raspberry Pi mit Touchscreen Display

5.2 Fehlentscheidung eInk Display

Im ersten Schritt wurde aus Gründen des niedrigen Energieverbrauches ein monochromes eInk Display beschafft. Jedoch besaß es keinen Touchscreen wie vom Händler versprochen. Darüber hinaus dauerte die Darstellung neuer Bildinhalte bis zu 5 Sekunden je frame, wobei das Display mehrfach flackerte. Zuletzt war auch die Farb- bzw. Schwarzwiedergabe ungenügend und dargestellte Inhalte waren kaum zu erkennen.

5.3 Weblösung zur Darstellung

Schon vorab wurde als schnelle Visualisierung eine Weblösung umgesetzt. So konnten erste erfolgreiche SQL-Anfragen schnell visualisiert werden. Erst nachdem die Entscheidung gegen das eInk Display und für ein LCD Display gefallen war, wurde diese Lösung ausgebaut.

5.3.1 Struktur der Weblösung

In der Weblösung wird unterschieden zwischen einem Frontend und einem Backend. Das Frontend ist reines HTML mit eingebundenem Javascript bzw. JQuery. Die Daten, welche im Frontend mittels Tabellen oder Graphen angezeigt werden, fordert eine JavaScript-Funktion mittels URL Parameter vom PHP Script query.php an, welche mit einigen anderen Dateien in die Funktionsteile ausgelagert wurden, das Backend darstellt. Die Kommunikation zwischen dem Frontend und dem Backend erfolgt mittels JavaScript Object Notation oder kurz JSON. Dabei handelt es sich neben XML um das gebräuchlichste Format, um Daten von Programm zu Programm zu übertragen.

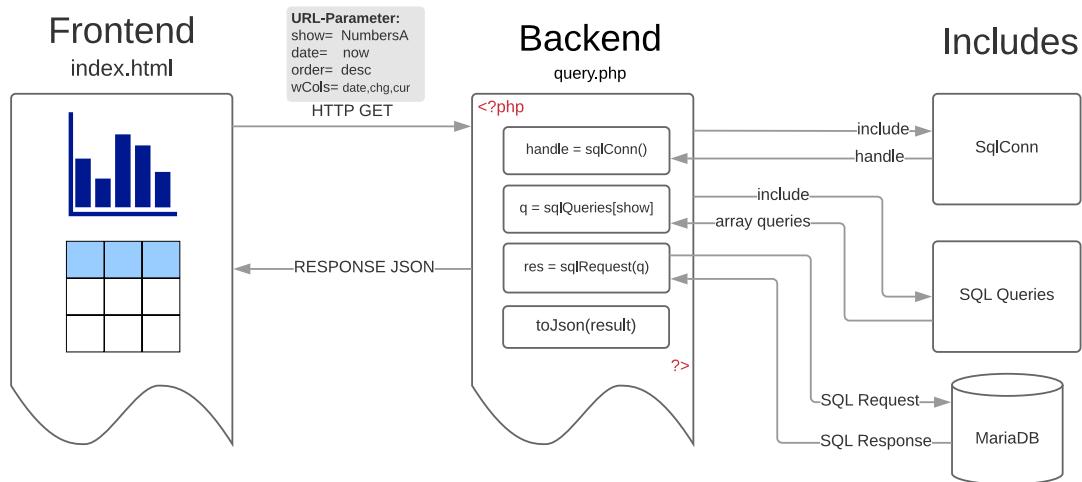


Abb. 28: Struktur der Weblösung

5.4 Backend

Das Backend besteht aus der von außen aufrufbaren Datei query.php, welche ihrerseits die Datei sqlConn.php und sqlQueries.php einbindet. Erstere stellt die Verbindung zur Datenbank her. Die SQL Anfragen werden auf der lokal installierten MariaDB Instanz ausgeführt. Beim Aufruf von query.php kann über Parameter die Ausgabe gesteuert wer-

den. Die dazu nötigen SQL Anfragen sind in einem Array in der Datei sqlQueries gespeichert. Ihre Indizes stellen die möglichen Werte des URL-Parameters „show“ dar. Wählt man zum Beispiel für show den Wert „current“, so erhält man lediglich den aktuellsten Datensatz zurück. Des Weiteren ist ein Parameter „date“ vorgesehen, womit der Bezugszeitraum gewählt werden kann. Zum Beispiel für eine Tagesaufstellung mit stündlichen Werten. Da die Graphen eine spaltenweise Anordnung verlangen, wurde mit „wCols“ ein weiterer Parameter vorgesehen. Hier können mit Komma getrennte Spalten angegeben werden, deren Werte dann in der entsprechenden Reihenfolge spaltenweise ausgegeben werden. Mit dem Parameter „order“ kann die Reihenfolge bestimmt werden, in der die Datensätze ausgegeben werden, also, ob die Ergebnismenge mit dem kleinsten Eintrag beginnend aufsteigend sortiert ausgegeben wird oder anders herum. Mit numRows kann die Anzahl der Datensätze beschränkt oder erweitert werden.

5.4.1 SQL Anfragen

Die in Listing 10 gezeigte SQL Anfrage selektiert Werte, gruppiert nach der Stunde, in der sie aufgezeichnet wurden. Dabei werden die Fragezeichen durch das PHP Programm durch Inhalte ersetzt, welche dem Programm über URL-Parameter (siehe 5.4) übermittelt werden. Tabelle 1 zeigt die zugehörige Ergebnistabelle. Innerhalb der Gruppierung werden minimale, maximale und durchschnittliche Werte gebildet, vor allem aber wird die Ladungsdifferenz zwischen den Stunden bestimmt. Das Standardverhalten von MariaDB ist, bei Abruf einer Spalte ohne Aggregat-Funktion wie min() oder max(), den ersten Wert in der Ergebnismenge zurückzugeben. So selektiert 'chg' den ersten in dieser Stunde aufgezeichneten Wert für die Ladung. Um an die Differenz der Ladung zu gelangen, reicht es nicht mit max() einfach den größten Wert zu selektieren und diesen von dem zuvor besprochenen Wert 'chg' zu subtrahieren, denn es ist durchaus denkbar, dass in diesem Zeitraum auch Ladung entnommen wurde und der größte Wert nicht gleichzeitig der Endwert für diese Stunde ist. Außerdem ist diese Vorgehensweise höchst anfällig für ausreißende Werte. Daher wurde stattdessen die maximale id der jeweiligen Stunde selektiert, über welche in einer Unterabfrage der letzte Ladungswert in dieser Stunde abgerufen wird. Von diesem wird schließlich der erste Ladungswert der jeweiligen Stunde subtrahiert und das Ergebnis auf zwei Stellen gerundet.

Listing 10: SQL Anfrage für die Tagesaufstellung nach Stunden

```

1  SELECT  Timediff(Now() ,  Min(curtime))          AS
2    'footer-dateAge' ,
3  Date_format(Now() ,  '%H:%i:%s')                AS
4    'footer-nowTime' ,
5      id                                         AS _cid ,
6      curtime                                    AS mynow ,
7  Date_format(curtime ,  '%Y-%m-%d 12:00:00')     AS linkDate ,
8  Date_format(curtime ,  '%H%:00')                 AS date ,
9  Round((SELECT charge
10    FROM  $_sqltablenamefull
11   WHERE  Max(_cid) = id) / 1000 ,  2)            AS chg ,
12  Round(( (SELECT charge
13    FROM  $_sqltablenamefull
14   WHERE  Max(_cid) = id) - charge ) / 1000 ) ,  2) AS chgDiff ,
15  Round(Min(current) / 10 ,  2)                   AS 'cur-min' ,
16  Round(Avg(current) / 10 ,  2)                   AS 'cur-avg' ,
17  Round(Max(current) / 10 ,  2)                   AS 'cur-max' ,
18  Round(Min(power) / 1000 ,  2)                  AS 'pow-min' ,
19  Round(Avg(power) / 1000 ,  2)                  AS 'pow-avg' ,
20  Round(Max(power) / 1000 ,  2)                  AS 'pow-max' ,
21 FROM  $_sqltablenamefull
22 WHERE  Day(curtime) = Day(?)
23 GROUP BY Hour(curtime)
24 ORDER BY mynow DESC
25 LIMIT ? ,  ?;
```

5 Datenaufbereitung und Anzeige

_cid	mynow	date	min current	avg current	max current	min power	avg power	max power	charge	chgDiff
128124	2018-05-05 23:18:53	23:00	0.50	0.50	0.50	6.34	6.34	6.35	-104.3930	0.25
128099	2018-05-05 22:52:55	22:00	0.50	0.50	0.50	6.35	6.35	6.35	-104.6100	0.02
128082	2018-05-05 21:49:13	21:00	0.50	0.50	0.50	6.35	6.35	6.36	-105.1400	0.04
127937	2018-05-05 20:11:02	20:00	0.40	0.45	0.50	5.08	5.72	6.36	-105.9470	0.10
127910	2018-05-05 19:00:00	19:00	0.40	0.40	0.40	5.08	5.09	5.10	-106.4200	0.35
127821	2018-05-05 18:08:45	18:00	-0.30	0.22	0.40	0.00	3.24	5.14	-106.6260	0.21
127524	2018-05-05 17:00:02	17:00	-0.70	-0.35	0.00	0.00	4.53	9.10	-106.2790	-0.35
127235	2018-05-05 16:00:39	16:00	-1.20	-0.62	0.00	0.00	8.06	15.64	-105.6940	-0.59
126884	2018-05-05 15:00:13	15:00	-1.50	-1.04	-0.40	5.20	13.54	19.61	-104.8190	-0.87
126695	2018-05-05 14:00:12	14:00	-1.90	-1.20	-0.50	6.51	15.65	24.80	-103.9040	-0.91
124695	2018-05-05 13:00:19	13:00	-7.30	-4.12	-0.90	11.72	55.04	98.11	-100.1660	-3.73
124004	2018-05-05 12:02:43	12:00	-7.00	-5.29	-1.50	19.79	70.84	94.43	-94.0440	-6.08
123232	2018-05-05 11:00:03	11:00	-6.50	-3.25	-1.00	12.73	42.42	86.65	-89.6390	-3.47
123128	2018-05-05 10:01:38	10:00	-1.00	-0.62	-0.40	5.05	7.83	12.74	-89.1430	-0.50
123015	2018-05-05 09:00:14	09:00	-0.50	-0.22	0.00	0.00	2.79	6.32	-89.0080	-0.12
122898	2018-05-05 08:21:46	08:00	-0.50	-0.33	0.00	0.00	4.21	6.32	-88.7710	-0.24
122891	2018-05-05 07:48:58	07:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-88.7710	0.00
122849	2018-05-05 06:20:45	06:00	0.00	0.02	0.50	0.00	0.30	6.28	-90.5970	1.83

Tab. 1: Ergebnistabelle der Tagesaufstellung

Die in Listing 11 nur zum Teil dargestellte SQL Anfrage erstellt eine Wochenstatistik mit täglichen Werten für die Ladungsdifferenz. Diese ist bis auf die gezeigten Zeilen identisch mit der, welche in obenstehendem Listing 10 zu sehen ist. Die Werte werden jedoch nach Datum gruppiert. Das heißt, die eine Zeile in der Ergebnistabelle umfasst die Werte jeweils eines Kalendertages. Das in der WHERE Klausel auftauchende Fragezeichen wird durch das PHP Programm durch den URL Parameter „date“ ersetzt.

Listing 11: SQL Anfrage für Wöchentliche Statistik

```

1 FROM $sqltablenamefull
2 WHERE curtime >= Date_sub(?, INTERVAL 6 day)
3 GROUP BY date
4 ORDER BY mynow DESC

```

5 Datenaufbereitung und Anzeige

<u>_cid</u>	<u>mynow</u>	<u>date</u>	<u>weekday</u>	<u>cur-min</u>	<u>cur-avg</u>	<u>cur-max</u>	<u>pow-min</u>	<u>pow-avg</u>	<u>pow-max</u>	<u>chg</u>	<u>chgDiff</u>
167056	2018-05-19 17:37:07	19.05.2018	Saturday	-0.60	-0.24	0.30	-8.00	-3.19	3.91	-6.26	-0.09
165673	2018-05-18 00:22:16	18.05.2018	Friday	-1.50	-0.22	5.40	-20.00	-2.99	72.04	-0.16	149.16
163134	2018-05-17 00:35:44	17.05.2018	Thursday	-1.50	-0.27	0.50	-20.00	-3.62	6.42	-149.51	-2.59
161285	2018-05-16 00:00:01	16.05.2018	Wednesday	-1.50	-0.05	0.50	-19.89	-0.75	6.39	-147.34	0.28
158549	2018-05-15 00:07:52	15.05.2018	Tuesday	-1.50	0.00	0.50	-19.98	-0.07	6.40	-147.62	1.29
156485	2018-05-14 00:15:34	14.05.2018	Monday	-1.50	0.01	0.50	-6.59	2.05	19.77	-149.27	1.62
155205	2018-05-13 01:41:19	13.05.2018	Sunday	-0.50	0.19	9.20	0.00	4.72	114.26	-153.08	1.91
150946	2018-05-12 00:02:45	12.05.2018	Saturday	-3.90	-1.57	12.50	0.00	23.62	163.75	-156.50	-8.01
145155	2018-05-11 00:45:13	11.05.2018	Friday	-6.00	-2.16	0.50	0.00	31.01	87.20	-149.76	-8.68
143630	2018-05-10 00:09:10	10.05.2018	Thursday	-0.20	0.20	0.50	0.00	2.62	6.44	-143.03	3.53
139198	2018-05-09 00:00:03	09.05.2018	Wednesday	-5.30	-1.96	0.50	0.00	28.30	74.87	-147.98	-9.25
135177	2018-05-08 00:03:09	08.05.2018	Tuesday	-6.40	-1.82	11.50	0.00	28.10	151.34	-138.74	-9.56
131989	2018-05-07 00:32:09	07.05.2018	Monday	-6.50	-2.18	0.50	0.00	31.55	95.68	-129.23	-12.20
128184	2018-05-06 00:06:11	06.05.2018	Sunday	-6.50	-1.35	0.50	0.00	19.92	88.66	-117.53	-13.53
122849	2018-05-05 06:20:45	05.05.2018	Saturday	-7.30	-2.86	0.50	0.00	38.74	98.11	-104.15	-13.55
117609	2018-05-04 01:31:40	04.05.2018	Friday	-7.00	-1.44	11.50	0.00	25.19	144.44	-90.60	-9.16
115251	2018-05-03 00:41:03	03.05.2018	Thursday	-1.00	0.18	0.70	0.00	5.61	12.78	-83.02	5.32
110347	2018-05-02 00:01:05	02.05.2018	Wednesday	-7.20	-0.82	0.60	0.00	18.37	95.98	-89.47	-3.26
101525	2018-05-01 00:20:48	01.05.2018	Tuesday	-9.40	-2.92	0.60	0.00	41.84	125.30	-86.22	-6.92
91713	2018-04-30 00:01:47	30.04.2018	Monday	-9.00	-3.08	0.70	0.00	41.80	117.90	-79.51	-4.28
89725	2018-04-29 12:01:28	29.04.2018	Sunday	-7.00	-2.99	11.20	0.00	43.63	142.02	-75.38	-9.89

Tab. 2: Ergebnistabelle der Wochenaufstellung

Die in Listing 12 gezeigte Anfrage stellt die letzte verwendete Anfrage dar. Hier wird, wie in der Anfrage für wöchentliche Werte aus Listing 11, nach Tagen gruppiert. Jedoch fällt die WHERE Klausel weg. Damit werden zunächst alle aufgezeichneten Tage ausgewählt. Das Ergebnis wird nach Ladungsdifferenz (chgdif) sortiert und schließlich mit LIMIT auf N Datensätze gekürzt. Die Anfrage gibt dann, abhängig von der Reihenfolge der Sortierung, entweder eine Top- N oder eine Flop- N aus. Für die Antworttabelle 3 wurde für N ein Wert gewählt, welcher größer ist als die Anzahl der bereits aufgezeichneten Tage. Damit werden beide Sortierrichtungen beleuchtet.

Listing 12: SQL Anfrage für die Tage mit bester Ladung

```

1 SELECT
2     ?
3     Date_format(Now(), '%H:%i:%s')
4     id
5     Date_format(curtime, '%W')
6     Date_format(curtime, '%W %d.%m.%Y')
7     Date_format(curtime, '%W %d.%m.%Y')
8     Date_format(curtime, '%Y-%m-%d 12:00:00')
9     curtime
10    Round((SELECT charge
11            FROM $_sqltablenamefull
12            WHERE Max(_cid) = id) / 1000, 2) AS chg,
13    Round(( (SELECT charge
14            FROM $_sqltablenamefull
15            WHERE Max(_cid) = id) - charge ) / 1000, 2) AS chgDiff,
16    Round(Min(current) / 10, 2) AS cur-min,
17    Round(Avg(current) / 10, 2) AS cur-avg,
18    Round(Max(current) / 10, 2) AS cur-max,
19    Round(Min(power) / 1000, 2) AS pow-min,
20    Round(Avg(power) / 1000, 2) AS pow-avg,
21    Round(Max(power) / 1000, 2) AS pow-max,
22    Min(charge) AS chg-min,
23    Max(charge) AS chg-max
24 FROM $_sqltablenamefull
25 GROUP BY date
26 ORDER BY chgdif ASC

```

5 Datenaufbereitung und Anzeige

<u>cid</u>	<u>date</u>	<u>mynow</u>	<u>cur-min</u>	<u>cur-avg</u>	<u>cur-max</u>	<u>pow-min</u>	<u>pow-avg</u>	<u>pow-max</u>	<u>chg-min</u>	<u>chg-max</u>	<u>chgdiff</u>
122849	Saturday 05.05.2018	2018-05-05 06:20:45	-7.30	-2.86	0.50	0.00	38.74	98.11	-106626	-88771	-13.55
128184	Sunday 06.05.2018	2018-05-06 00:06:11	-6.50	-1.35	0.50	0.00	19.92	88.66	-119641	-103045	-13.53
131989	Monday 07.05.2018	2018-05-07 00:32:09	-6.50	-2.18	0.50	0.00	31.55	95.68	-131571	-116295	-12.20
42408	Saturday 21.04.2018	2018-04-21 01:10:38	-6.50	-0.69	6.00	0.00	16.74	84.63	-44305	-2816	-11.40
88261	Sunday 29.04.2018	2018-04-29 00:11:29	-7.00	-2.48	11.20	0.00	36.12	142.02	-78341	-60450	-10.34
46665	Sunday 22.04.2018	2018-04-22 00:00:38	-6.90	-1.23	0.70	0.00	22.40	89.84	-54134	-961	-9.81
135177	Tuesday 08.05.2018	2018-05-08 00:03:09	-6.40	-1.82	11.50	0.00	28.10	151.34	-141042	-128200	-9.56
139198	Wednesday 09.05.2018	2018-05-09 00:00:03	-5.30	-1.96	0.50	0.00	28.30	74.87	-148900	-137733	-9.25
117609	Friday 04.05.2018	2018-05-04 01:31:40	-7.00	-1.44	11.50	0.00	25.19	144.44	-93324	-78039	-9.16
56149	Tuesday 24.04.2018	2018-04-24 00:00:33	-7.50	-2.52	11.50	0.00	35.81	144.33	-54589	-12771	-9.01
79513	Friday 27.04.2018	2018-04-27 00:02:02	-7.00	-1.86	0.70	0.00	28.30	92.33	-66371	-49098	-8.79
145155	Friday 11.05.2018	2018-05-11 00:45:13	-6.00	-2.16	0.50	0.00	31.01	87.20	-150798	-140448	-8.68
150946	Saturday 12.05.2018	2018-05-12 00:02:45	-3.90	-1.57	12.50	0.00	23.62	163.75	-158128	-147510	-8.01
101525	Tuesday 01.05.2018	2018-05-01 00:20:48	-9.40	-2.92	0.60	0.00	41.84	125.30	-89135	-74511	-6.92
91713	Monday 30.04.2018	2018-04-30 00:01:47	-9.00	-3.08	0.70	0.00	41.80	117.90	-82409	-69981	-4.28
75309	Thursday 26.04.2018	2018-04-26 10:39:27	-9.00	-3.53	0.60	0.00	46.55	117.27	-57412	-50621	-4.10
183595	Wednesday 23.05.2018	2018-05-23 00:01:58	-3.40	-0.78	0.50	-50.18	-10.98	7.32	-18944	-391	-3.70
63818	Wednesday 25.04.2018	2018-04-25 00:00:44	-8.30	-2.86	0.70	0.00	38.22	106.99	-57717	-229	-3.54
110347	Wednesday 02.05.2018	2018-05-02 00:01:05	-7.20	-0.82	0.60	0.00	18.37	95.98	-91808	-81570	-3.26
176682	Tuesday 22.05.2018	2018-05-22 10:18:31	-2.60	-0.91	0.50	-35.78	-12.83	7.37	-47353	-9316	-2.79
171480	Monday 21.05.2018	2018-05-21 11:36:20	-2.40	-0.94	0.50	-33.46	-13.04	7.36	-12855	-9258	-2.76
163134	Thursday 17.05.2018	2018-05-17 00:35:44	-1.50	-0.27	0.50	-20.00	-3.62	6.42	-151701	-146095	-2.59
84395	Saturday 28.04.2018	2018-04-28 00:00:08	-7.60	-2.59	0.70	0.00	36.05	98.95	-68507	-57302	-2.50
167839	Sunday 20.05.2018	2018-05-20 14:26:42	-1.40	-0.31	22.20	-19.52	-4.30	295.93	-10785	-8420	-0.43
42352	Friday 20.04.2018	2018-04-20 23:12:54	0.60	0.66	0.70	7.43	8.23	8.67	-30569	-30407	0.16
161285	Wednesday 16.05.2018	2018-05-16 00:00:01	-1.50	-0.05	0.50	-19.89	-0.75	6.39	-149038	-146065	0.28
167056	Saturday 19.05.2018	2018-05-19 17:37:07	-0.60	0.26	0.50	-8.00	3.27	6.46	-6266	-5517	0.66
158549	Tuesday 15.05.2018	2018-05-15 00:07:52	-1.50	0.00	0.50	-19.98	-0.07	6.40	-150266	-147619	1.29
156485	Monday 14.05.2018	2018-05-14 00:15:34	-1.50	0.01	0.50	-6.59	2.05	19.77	-151917	-149270	1.62
155205	Sunday 13.05.2018	2018-05-13 01:41:19	-0.50	0.19	9.20	0.00	4.72	114.26	-155119	-153079	1.91
143630	Thursday 10.05.2018	2018-05-10 00:09:10	-0.20	0.20	0.50	0.00	2.62	6.44	-146564	-143033	3.53
115251	Thursday 03.05.2018	2018-05-03 00:41:03	-1.00	0.18	0.70	0.00	5.61	12.78	-88332	-82986	5.32
52762	Monday 23.04.2018	2018-04-23 00:00:08	-1.90	0.29	0.70	0.00	6.19	24.13	-50540	-145	8.30

Tab. 3: Ergebnistabelle der Top10

5.5 Frontend

Das Frontend besteht aus jQuery und CSS. Die Daten werden mittels AJAX vom Backend angefragt und dann in Tabellen oder Graphen dargestellt. Der Touchscreen des Displays verwandelt Berührungen mit einem Finger in Mausbewegungen bzw. Mausklicks. Die verschiedenen Elemente werden untereinander dargestellt. Ein nachfolgend beschriebenes Navigationsmenü erleichtert das Scrollen.

5.5.1 HTML-Struktur

Jedes Diagramm besitzt ein div mit einer Id, die auf ChartHeading endet. Hier befinden sich das Aktualisieren-Symbol und das Symbol zum Ein- oder Ausblenden des Abschnittes neben der Überschrift. Darunter ist ein zunächst leeres Element, in welchem Detailwerte angezeigt werden, sobald eine der Säulen berührt wird. Das eigentliche Diagramm wird dann im div mit der Id die auf Chart endet angezeigt. Dabei wird der Wert, welcher in diesem Tag unter dem Attribut „ref“ hinterlegt ist, als URL-Parameter „show“ an das Backend übergeben. Eine Sonderbehandlung ist lediglich für das Live-Chart nötig. Es besitzt eine Logik, da es ständig aktualisiert wird.

```

1 <div id="weekStatsChartHeading" class="heading">
2   <h1>
3     Ladung - Wochenstatistik (letzte 7 Tage)
4     <a href="#javascript" class="hideOrShow" ref="weekStatsChart" show="true">
5       
6     </a>
7     <div id="weekStatsChartNavi" class="navi" ref="weekStatsChart">
8       <a class="refresh" ref="weekStatsChart" href="#javascript" />
9       
10      </a>
11    </div>
12  </h1>
13  <div id="weekStatsChartInfo"></div>
14 </div>
15 <div id="weekStatsChart" class="chart barchart" ref="weekStats"></div>
16 <div class="spacer">&nbsp;</div>

```

5.5.2 jQuery

Wie in Kapitel 5.5.1 zu sehen, besitzt das Div, in welchem das Diagramm dargestellt wird, die Klasse barchart. Mit jQuery wird nun jedes Element, das diese Klasse besitzt, durchlaufen und mit dem Wert des darin enthaltenen Attributs „ref“ als Parameter die Funktion updateBarChart aufgerufen. Als Parameter können zusätzlich ein Datum und eine Sortierreihenfolge angegeben werden, welche ebenso als URL-Parameter „date“ und „order“ an das Backend übergeben werden und damit das Ergebnis beeinflussen. Der Aufruf an das Backend erfolgt asynchron. Dafür wird eine Rückruffunktion angegeben, welche beim Eintreffen des Ergebnisses aufgerufen wird. Diese ruft dann ihrerseits die Funktion „renderBarChart“ mit den empfangenen Daten („data“) und dem Bezeichner des Diagramms „show“ auf, welcher die ID des ursprünglichen HTML Elements darstellt. In diesem Falle also „weekStatsChart“.

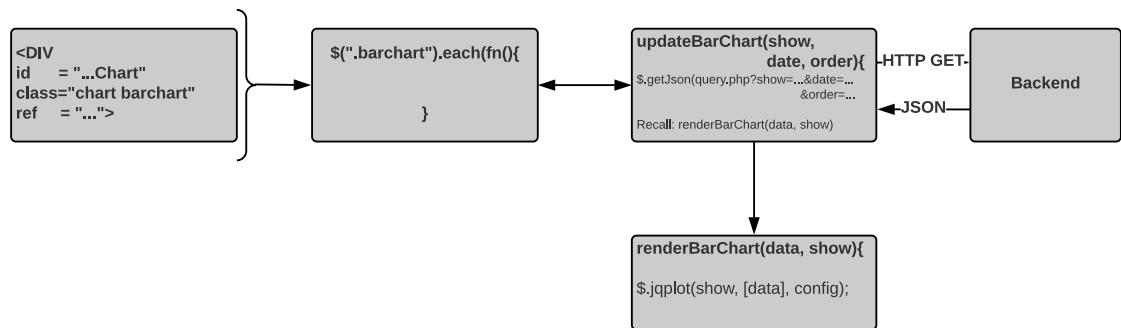


Abb. 29: Funktionsweise Balkendiagramm-Generierung

5.5.3 Modul „Aktualisieren“

Das Aktualisieren-Symbol bildet ein eigenes Modul. Das heißt, es kann an jeder beliebigen Stelle der Seite platziert werden. Die im Attribut „ref“ angegebene Referenz steuert, welches Element aktualisiert wird. Dazu wird per jQuery ein „onclick-listener“ auf A-Tags mit der Klasse „refresh“ gesetzt. Die zugehörige Funktion überprüft außerdem, ob sich im Navi-Bereich des jeweiligen Elements ein „calendar-picker“ befindet. Ist dem so, so wird dessen Datum übernommen. Wenn sich im Navi-Bereich ein Element befindet, um die Sortierreihenfolge umzukehren, so wird dessen Status ebenfalls übernommen. Ein Beispiel für dieses Symbol ist das in Kapitel 5.6.5 dargestellte Daumen nach oben bzw. Daumen nach unten Symbol.

```
1 <a class="refresh" ref="weekStatsChart" href="#javascript"/>
2   
3 </a>
```

5.6 Userinterface

5.6.1 Navigationsmenü

Das in Abb. 30 gezeigte Menü lässt sich durch Berühren des Menü-Symbols öffnen, welches sich, wie in einer der nachfolgenden Grafiken (Abb. 31,32,33,34) zu sehen, in der oberen linken Ecke befindet. Es legt sich in einer halb durchsichtigen Ebene über die Inhalte und verändert seine Position auch beim Scrollen nicht. Bei Berührung einer der Menüpunkte verschwindet das Menü und es wird an die entsprechende Stelle gescrollt. Ist an der entsprechenden Stelle, wie zum Beispiel bei der Aufstellung der Tageswerte in Kapitel 5.6.4 ein Kalender Symbol, so wird das Datum auf das aktuelle Datum zurückgesetzt. Darüber hinaus wird ein Klick auf das Aktualisieren-Symbol simuliert, was das entsprechende Diagramm aktualisiert. Die Skalen der drei Messwerte skalieren sich automatisch mit jedem neuen Wert. Zu beachten ist weiterhin, dass negative Werte für Strom oder Leistung eine Ladung der Batterie bedeuten. Andersherum führt eine Entladung der Batterie zu positiven Werten bei Strom und Leistung.



Abb. 30: Darstellung der Menüstruktur

5.6.2 Live-Daten

Die nachfolgend gezeigte Grafik (Abb 5.6.2) zeigt den Verlauf von Strom, Spannung und Leistung über die letzten 40 Werte. Der zeitliche Abstand der Werte ist dabei ungewiss. Denn ein neuer Wert wird nur dann in das Diagramm aufgenommen, wenn er sich von seinem Vorgänger unterscheidet. Dadurch ist es möglich, dass ein Wert über Minuten oder zum Beispiel bei Nacht sogar über Stunden gleich bleibt. Die genauen Werte jedes Zeitpunktes werden anstatt des aktuellsten Wertes in der Zeile über dem Diagramm angezeigt, solange man den entsprechenden Punkt im Diagramm berührt. Um darüber zu informieren, wie weit in der Vergangenheit der aktuellste Wert ist, zeigt der Schriftzug über der Grafik dessen Zeitstempel, gefolgt von der numerischen Darstellung der jeweiligen Leistungswerte. In der Zeile darunter wird zusätzlich das Alter des Wertes angezeigt und hochgezählt. Ist der Wert älter als 5 Minuten, wird die Zeitdifferenz blau dargestellt, ab 30 Minuten gelb und bei über 4 Stunden rot. Dies wurde eingeführt, um im Falle eines Fehlers bei der Datenbanksynchronisation einschreiten zu können.



Abb. 31: Darstellung aktueller Leistungswerte (Live Chart)

5.6.3 Wochenstatistik

Das in Abb. 5.6.3 gezeigte Diagramm zeigt die Ladungswerte in Amperestunden je Tag für die vergangenen sieben Tage seit dem aktuellen Datum. Wurde über den Tag mehr Ladung entnommen als durch das Solarpanel geladen wurde, so ist dieser Wert positiv und das Balkendiagramm nach oben gerichtet. Im umgekehrten Fall zeigt es nach unten. Neben der Überschrift befindet sich ein Symbol zum Aktualisieren. Damit werden die Daten erneut vom Backend abgefragt und nach deren eintreffen wird das Diagramm neu gezeichnet. Die entsprechende Anfrage arbeitet asynchron und blockiert dadurch nicht das Userinterface. Zudem wird durch Aktivierung eine Animation ausgelöst, welche bewirkt, dass sich das Symbol dreht. Sobald die neuen Daten eingetroffen sind, wird diese Animation gestoppt. Auch dieses Diagramm skaliert sich automatisch beim Erstellen bzw. beim Aktualisieren. Wird eine der Säulen berührt, so scrollt die Anwendung zur Tagesaufstellung (siehe 5.6.4), setzt dort das entsprechende Datum und löst dort einen Klick auf das Aktualisieren-Symbol aus.

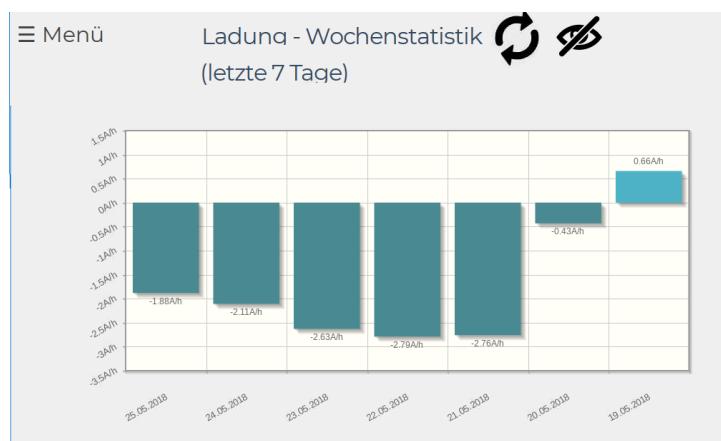


Abb. 32: Darstellung der Wochenstatistik

5.6.4 Tagesstatistik

Das in Abb. 33 gezeigte Diagramm stellt beim direkten Aufruf über das Menü die Ladungsaufstellung des aktuellen Tages dar. Dabei wird jeweils die Ladungsänderung in einer Stunde angezeigt. Über dem Diagramm befinden sich neben dem Symbol zur Aktualisierung drei weitere Symbole. Damit kann tageweise vor bzw. zurückgeblättert werden oder durch den Klick auf das Kalender-Symbol ein Monatskalender geöffnet werden, über den das gewünschte Datum eingestellt werden kann. Als untere Grenze hierfür ist der Beginn der Datenerfassung fest eingestellt. Die Obergrenze bildet das aktuelle Datum. Der Klick auf ein Datum oder das Befehlshaben der Pfeil-Symbole ändert das darüber abgebildete Datum und imitiert einen Klick auf das Aktualisieren-Symbol. Die dahinterstehende Funktion ruft das Datum des Kalenders dann eigenständig ab und delegiert den Abruf neuer Daten und die neue Darstellung des Diagramms. Solange eines der Balkendiagramme berührt wird bzw. so lange die Maus darauf positioniert wird, erscheint oberhalb des Diagramms die Darstellung von den minimalen, maximalen und durchschnittlichen Leistungswerten der jeweiligen Stunde.

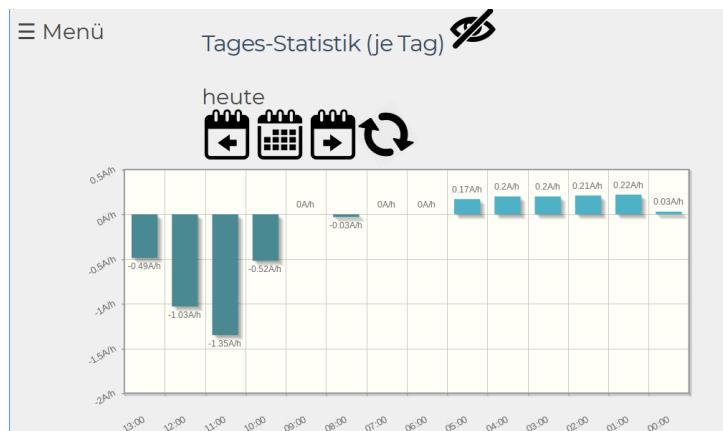


Abb. 33: Darstellung der Tagesstatistik

5.6.5 Aufstellung „bester Tag“

Die in Abb. 5.6.5 gezeigte Grafik zeigt die Aufstellung der besten je gemessenen Tage. Wie auch in den anderen Diagrammen, kann die Anzeige mit einem Klick auf das Aktualisieren-Symbol auf den aktuellen Stand gebracht werden. Neben diesem Symbol ist ein Daumen-nach-oben-Symbol abgebildet. Berührt man es, so lassen sich anstatt der besten fünf Werte die schlechtesten 5 Werte darstellen. Mit „schlecht“ ist hierbei eine große Entladung der Batterie gemeint. Durch Berühren des Symbols wird das Symbol horizontal gespiegelt, wodurch der Daumen nach unten zeigt. Berührt man einen Tag, so wechselt die Anwendung zu der in Kapitel 5.6.4 beschriebene Tagesaufstellung, stellt das gewünschte Datum ein und simuliert einen Klick auf das Aktualisieren-Symbol. Fährt man mit einer Maus über die Balken oder wischt mit dem Finger darüber, ohne den Finger abzusetzen, wird in der Zeile darüber der minimale, maximale und durchschnittliche Leistungswert angezeigt. Da ein „on-mouse-over“ mit dem Touchscreen nur schwer ausgelöst werden kann, wird noch versucht, diese Werte anders darzustellen.

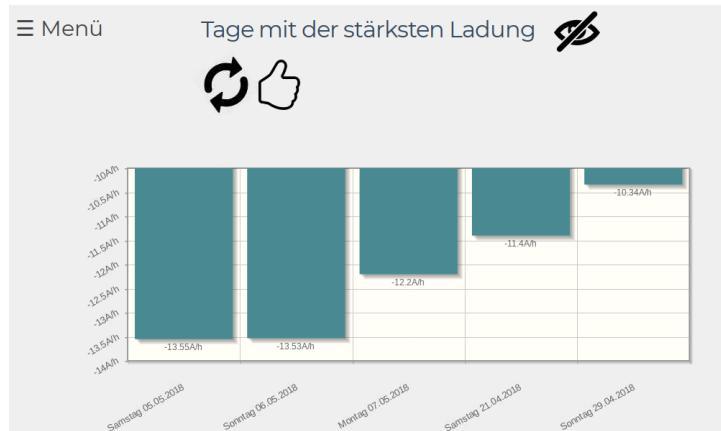
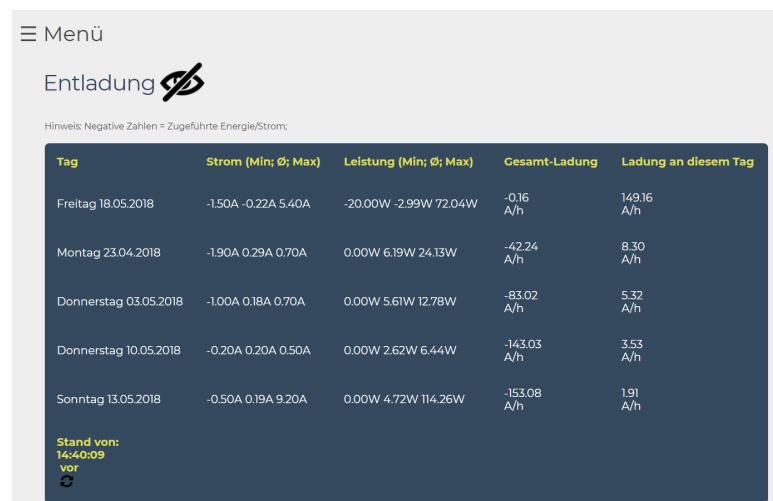


Abb. 34: Darstellung der besten Ladungswerte

5.6.6 Tabellarische Darstellung

Die letzte Abbildung 35 zeigt eine tabellarische Darstellung der Tage mit der größten Entladung. Diese sind deckungsgleich mit der Darstellung in Kapitel 5.6.5 Aufstellung „bester Tag“, sofern dort die Sortierung umgekehrt wurde. Für jedes Diagramm existiert ein entsprechendes tabellarisches Pendant. Die Tabellen sind seit der Einführung der Diagramme eigentlich redundant geworden. Jedoch lässt sich an ihnen in manchen Situationen besser ablesen. Zudem können hier weitaus mehr Werte, wie zum Beispiel Minima oder Maxima, dargestellt werden.



The screenshot shows a mobile application interface with a dark theme. At the top, there is a navigation bar with three horizontal lines followed by the text "Menü". Below this is a header section with the text "Entladung" and a battery icon. A small note below the header says "Hinweis: Negative Zahlen = Zugeführte Energie/Strom;". The main content is a table with the following data:

Tag	Strom (Min; Ø; Max)	Leistung (Min; Ø; Max)	Gesamt-Ladung	Ladung an diesem Tag
Freitag 18.05.2018	-1.50A -0.22A 5.40A	-20.00W -2.99W 72.04W	-0.16 A/h	149.16 A/h
Montag 23.04.2018	-1.90A 0.29A 0.70A	0.00W 6.19W 24.13W	-42.24 A/h	8.30 A/h
Donnerstag 03.05.2018	-1.00A 0.18A 0.70A	0.00W 5.61W 12.78W	-83.02 A/h	5.32 A/h
Donnerstag 10.05.2018	-0.20A 0.20A 0.50A	0.00W 2.62W 6.44W	-143.03 A/h	3.53 A/h
Sonntag 13.05.2018	-0.50A 0.19A 9.20A	0.00W 4.72W 114.26W	-153.08 A/h	1.91 A/h

At the bottom left of the table, there is a note: "Stand von: 14:40:09 vor ⌂".

Abb. 35: Tabellarische Darstellung der Ladungswerte

Abbildungsverzeichnis

1	Außenansicht des Gartenhauses	2
2	Displaymodul	3
3	Innenansicht des Gartenhauses	4
4	Batterie und Messmodul	5
5	Richtfunkantennen W-LAN	6
6	Entfernung zwischen Gartenhaus und DSL-Anschluss	7
7	Strukturelle Darstellung der Netzwerkanbindung	9
8	Messsystem mit Display	10
9	Windows Gerätemanager: USB-Gerät nicht erkannt	11
10	Platine des Messsystems	12
11	Vergrößerte Ansicht des IC „SN75176B“	12
12	Aufbau der Messung	14
13	Signalansicht Totale	15
14	Signalansicht langer Abschnitt	15
15	Anzahl der Bits im kurzen Abschnitt	16
16	Kodierung des Signals	17
17	Entsprechung der Zahlen auf dem Display	17
18	Verwendeter Adapter USB zu RS-485	18
19	Signalansicht im Windows Programm HTerminal	18
20	Struktur der Komponenten im Gartenhaus	19
21	Adapter DB9 zu RJ45	20
22	Adapter DB9 zu RJ45	20
23	Raspberry Pi Zero W	21
24	Sequenzdiagramm des Programms Serial2DB	24
25	Struktur der Funktion handleResponse	25
26	Verbindung zwischen den beiden RPIs	27
27	Raspberry Pi mit Touchscreen Display	30
28	Struktur der Weblösung	31
29	Funktionsweise Balkendiagramm-Generierung	37
30	Darstellung der Menüstruktur	39
31	Darstellung aktueller Leistungswerte (Live Chart)	40
32	Darstellung der Wochenstatistik	41
33	Darstellung der Tagesstatistik	42
34	Darstellung der besten Ladungswerte	43
35	Tabellarische Darstellung der Ladungswerte	44

Tabellenverzeichnis

1	Ergebnistabelle der Tagesaufstellung	34
2	Ergebnistabelle der Wochenaufstellung	35
3	Ergebnistabelle der Top10	36

Listings

1	iPerf Messung	7
2	dMesg Ausgabe beim Anschluss per USB	11
3	Konfiguration der seriellen Schnittstelle	21
4	Hexdump Linux	22
5	Struktur der MariaDB Tabelle	22
6	Einbindung von PHP-Serial	23
7	Funktion SanityCheck	26
8	Einbindung von PHP-Serial	26
9	Slave Status	28
10	SQL Anfrage für die Tagesaufstellung nach Stunden	33
11	SQL Anfrage für Wöchentliche Statistik	34
12	SQL Anfrage für die Tage mit bester Ladung	35

Literatur

- [1] Droking <http://www.droking.com/>
- [2] Saleae Inc. <https://www.saleae.com>
- [3] PHP Serial <https://github.com/Xowap/PHP-Serial>
- [4] raspi.tv <http://raspi.tv/2018/how-much-power-does-raspberry-pi-3b-use-power-measurement>
- [5] MySQL Docs: Replication FAQ <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/faqs-replication.html#faq-replication-have-connected-slave>
- [6] MySQL Docs: Replication on Shutdown <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/replication-features-shutdowns.html>
- [7] Stackoverflow Anleitung zum resynch eines Master-Slave setup <https://stackoverflow.com/a/3229580/3142746>
- [8] Datenblatt Quelle <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/28193/TI/SN75175.html> Abruf: 30.05.2018 13:00