

Umweltdatenmessung mit dem Raspberry Pi

Vorwissenschaftliche Arbeit verfasst von

Lukas Winkler

Klasse 8A



Betreuer: MMag. Matthias Kittel

BRG Rechte Kremszeile
Rechte Kremszeile 54
3500 Krems an der Donau

Krems an der Donau, Januar 2015

Diese Arbeit wurde mit Texmaker geschrieben, in Palatino mit Hilfe von [pdfLATEX](#) und [Biber](#) gesetzt.

Die LATEX Vorlage von Karl Voit basiert auf [KOMA script](#) und steht im Internet zum Download bereit: <https://github.com/novoid/LaTeX-KOMA-template>

Abstract

This is a placeholder for the abstract. It summarizes the whole thesis to give a very short overview. Usually, this the abstract is written when the whole thesis text is finished.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	iii
1. Einleitung	1
2. Hardware	2
2.1. Der Raspberry Pi	2
2.1.1. Geschichte	3
2.1.2. Technische Daten	3
2.2. Sensoren	4
2.2.1. Temperatur	4
2.2.2. Luftfeuchtigkeit	5
2.2.3. Luftdruck	6
2.2.4. Luftqualität	7
2.3. Display	8
2.4. Anschluss	9
3. Software	10
3.1. main.sh	10
3.1.1. Allgemeines	10
3.1.2. Messung	11
3.1.3. Speichern, Aufbereiten und Verarbeiten	13
3.2. Display	15
3.3. Webinterface	15
3.3.1. Livedaten	16
3.3.2. Diagramme	18
3.4. Endauswertung	19
3.5. diverses	22
3.5.1. Weather Underground	22
3.5.2. Autostart	23

Inhaltsverzeichnis

3.5.3. mitternacht.sh	23
3.5.4. sonstiges	23
4. Auswertung	25
A. Weitere Informationen	26
B. Präsentationen	27
Literatur	30
Abbildungsverzeichnis	33
Dateiverzeichnis	34
Glossar	35

Todo list

genauere Beschreibung des Projekts	1
Nennung des Glossars	1
Einleitung	2
Kapitel über Gehäuse, Platinen, Zusammenbau	9
müssen?	11

1. Einleitung

Im letzten Jahr habe ich mich damit beschäftigt, wie man mithilfe eines Raspberry Pi Umweltdaten messen, aufzeichnen und auswerten kann. Hierzu verwende ich mehrere Sensoren, die die Lufttemperatur (sowohl im Klassenraum, als auch außen), Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und die relative Luftqualität. Diese Daten werden als [CSV-Datei](#) gespeichert und können grafisch und rechnerisch ausgewertet werden.

genauere Beschreibung des Projekts

Nennung des Glossars



Abbildung 1.1.: Messstation (eigenes Werk)

2. Hardware

2.1. Der Raspberry Pi

Der *Raspberry Pi* ist ein [Einplatinencomputer](#), der 2012 von der *Raspberry Pi Foundation* auf den Markt gebracht wurde.



Abbildung 2.1.: Raspberry Pi - Modell B¹

¹Bohk, [Rev. 2 des Raspberry Pi Model B - made in UK](#)

2. Hardware

2.1.1. Geschichte

Ursprünglich war der Raspberry Pi als günstiger Computer gedacht, um britischen Jugendlichen das Programmieren näher zu bringen. An der *University of Cambridge* stellte man fest, dass die Vorkenntnisse von Studienanfängern immer geringer wurden, weil sie – sowohl privat als auch in der Schule – sich immer weniger mit der Funktionsweise von Computern und Programmen beschäftigen. Daher wollte man einen Computer entwickeln, mit dem die Jugendlichen experimentieren können.^{2,3}

Inzwischen wurden 3,8 Millionen Stück verkauft (Stand Oktober 2014⁴) und 5 verschiedene Modelle entwickelt.

2.1.2. Technische Daten

Die Technik in einem Raspberry Pi ist vergleichbar mit der eines Smartphones. Der Raspberry Pi hat eine **CPU** mit **700 MHz**, welche auf bis zu **1 GHz** übertaktbar ist, und je nach Modell 256 oder 512 MB Arbeitsspeicher. Als Speicher für das Betriebssystem (verschiedene Linux-Distributionen stehen zur Auswahl) wird eine SD-Karte bzw. eine microSD-Karte verwendet.

Zur Stromversorgung genügt ein normales Handyladegerät mit Micro-USB-Anschluss und mindestens 1 **Ampere** Stromstärke, denn der Raspberry Pi verbraucht nur 3.5 Watt⁵ (Modell B).

Zum Anschließen anderer Hardware gibt es zwei USB-Anschlüsse und 26 **GPIO-Pins**.

²Raspberry Pi Foundation, *The Making of Pi*.

³Wikipedia, *Raspberry Pi— Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*, Geschichte.

⁴@Raspberry_Pi, @ruskin147 As of today, it looks like 3.8 million - that's an *awful lot of computers*.

⁵elinux, *RPi Hardware - Power*.

2. Hardware

2.2. Sensoren

Zur Messung der Umweltdaten werden folgende Sensoren verwendet:

- 4 Temperatursensoren *DS18B20* ([2.2.1](#))
- Luftfeuchtesensor *DHT22* ([2.2.2](#))
- Luftdrucksensor *BMP085* ([2.2.3](#))
- Luftqualitätssensor *VOLTCRAFT CO-20* ([2.2.4](#))
- CPU-Temperatur des Raspberry Pi

2.2.1. Temperatur

Mithilfe von 4 Sensoren des Typs *DS18B20* werden die Innentemperatur, die Gehäusetemperatur und die Bodentemperatur (Außen) gemessen. Diese haben eine Messgenauigkeit von $\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ und einen Messbereich von $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $85 \text{ }^{\circ}\text{C}$.⁶

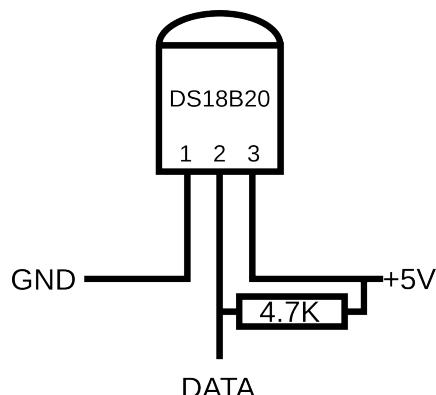


Abbildung 2.2.: Pinbelegung des DS18B20 (eigenes Werk)

Der Sensor wird mithilfe von einem [1-Wire-Datenbus](#) ausgelesen. Hierbei benötigt man (außer für die Stromversorgung mit 5 Volt nur ein Kabel, auf dem die Daten übertragen werden.⁷ Zusätzlich wird ein $4.7 \text{ k}\Omega$ Widerstand zwischen dem Pin für Daten und dem Pin für +5 V benötigt. (siehe

⁶Maxim Integrated Products, *DS18B20 - Data Sheet*, S. 20.

⁷FHEMWiki, [Kategorie:1-Wire - FHEMWiki](#).

2. Hardware

Abbildung 2.2) Ein weiterer Vorteil von 1-Wire ist, dass nahezu beliebig viele Sensoren auf einem Datenkabel parallel geschaltet werden können.

Die Messdaten des *DS18B20* können auf dem Raspberry Pi sehr einfach ausgelesen werden, weil dies von einem Linux-[Kernelmodul](#) erledigt wird. Um die Temperatur zu erhalten, muss nur eine [Gerätedatei](#) ausgelesen werden, welche das Messergebnis in tausendstel Grad Celsius enthält. (Siehe Abbildung 2.3)

```
pi@raspberry /sys/bus/w1/devices $ cat 10-00080277a5db/w1_slave 10-00080277abe1/w1_slave
2f 00 4b 46 ff ff 08 10 78 : crc=78 YES
2f 00 4b 46 ff ff 08 10 78 t=23250
2f 00 4b 46 ff ff 08 10 78 : crc=78 YES
2f 00 4b 46 ff ff 08 10 78 t=23250
pi@raspberry /sys/bus/w1/devices $ cat 10-00080277a5db/w1_slave 10-00080277abe1/w1_slave
2f 00 4b 46 ff ff 01 10 ca : crc=ca YES
2f 00 4b 46 ff ff 01 10 ca t=23687
2f 00 4b 46 ff ff 07 10 60 : crc=60 YES
2f 00 4b 46 ff ff 07 10 60 t=23312
```

Abbildung 2.3.: Die erste erfolgreiche Messung (eigenes Werk)

2.2.2. Luftfeuchtigkeit

Zum Messen der Luftfeuchtigkeit der Außenluft wird der *DHT22* verwendet. Dieser kann auch die Temperatur messen. Die Messgenauigkeit beträgt $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $\pm 2\%$ relative Luftfeuchte.⁸ Wie der *DS18B20* (2.2.1) benötigt der Luftfeuchtigkeitssensor zusätzlich zur Stromversorgung nur ein Kabel zur Datenübertragung. Es können jedoch nicht mehrere Sensoren parallel geschaltet werden.⁹

Die Daten des Sensors werden von einem [C](#)-Programm von *Adafruit* ausgelesen.¹⁰

⁸Aosong Electronics Co.,Ltd, [Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22](#).

⁹Adafruit User LADY ADA, [DHT Humidity Sensing on Raspberry Pi or Beaglebone Black with GDocs Logging](#), Wiring.

¹⁰Ebd., Software Install.

2. Hardware

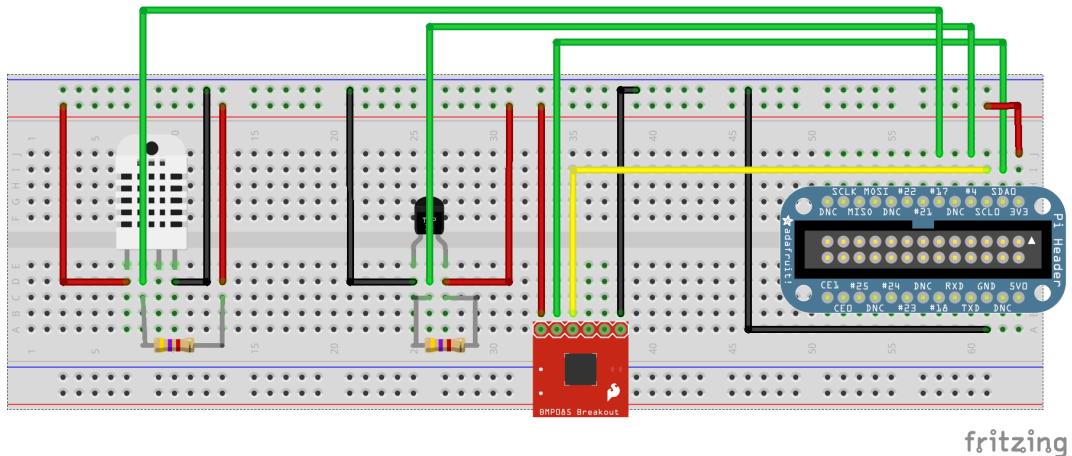


Abbildung 2.4.: Anschlusskizze von *DS18B20* (Mitte; 2.2.1), *DHT22* (Links; 2.2.2) und *BMP085* (Rechts; 2.2.3) (eigenes Werk)

2.2.3. Luftdruck

Der *BMP085* ist der präziseste Sensor. Er wird zum Messen des Luftdruckes und der Außentemperatur verwendet und hat dabei eine Genauigkeit von $\pm 1.0 \text{ hPa}$ und 0.5°C bei 25°C ¹¹

Die Messdaten überträgt der Sensor über einen **I²C-Bus**. Dabei werden (zusätzlich zur Stromversorgung) **zwei** Kabel zur Datenübertragung benötigt. Über eines (in Abbildung 2.4 gelb) schickt der Raspberry Pi dem Sensor die Taktfrequenz, in der er die Daten übertragen soll, und im anderen (grün) werden die eigentlichen Daten übertragen.¹²

Auch hier werden die Daten von einem Programm von *Adafruit* ausgelesen.¹³

¹¹ Bosch Sensortec, *BMP085 Digital pressure Sensor - Data Sheet*, S. 6.

¹² Adafruit User KEVIN TOWNSEND, *Using the BMP085/180 with Raspberry Pi or Beaglebone Black, Hooking Everything Up*.

¹³ Ebd., Using the Adafruit BMP Python Library (Updated).

2. Hardware

2.2.4. Luftqualität

Der letzte Sensor, der hinzugekommen ist, ist der VOLTCRAFT CO-20. Da CO₂-Sensoren und andere genaue Luftqualitätssensoren teuer sind, habe ich mich für einen einfachen VOC-Sensor entschieden. Dieser misst die Menge an *Flüchtigen organischen Verbindungen* in der Luft. Dies sind Stoffe, die schon bei niedrigen Temperaturen verdampfen. Sie können von verschiedenen Quellen stammen (z. B.: Benzindämpfe, Tabakrauch, Lacke)¹⁴ und von leichten Kopfschmerzen und Konzentrationsstörungen bis zu bleibenden Gesundheitsschäden führen.¹⁵

Der Sensor gibt einen Wert an, der die relative Verschlechterung seit dem Einschalten angibt. Hierbei steht 450 für die anfängliche Qualität und ein höherer Wert für eine schlechtere Luftqualität. Da der VOLTCRAFT CO-20 jedoch nicht mehr erhältlich ist, verwende ich den baugleichen Raumluftfühler von Velux.¹⁶



Abbildung 2.5.: Velux Raumluftfühler (eigenes Werk)

¹⁴Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, [LEITFADEN FÜR DIE INNENRAUMHYGIENE IN SCHULGEBÄUDEN](#), S. 41 ff.

¹⁵WISSEN Wiki, [Flüchtige organische Verbindung](#), Gesundheitliche Wirkung.

¹⁶Velux, [VELUX Raumluftfühler](#).

2. Hardware

Der Sensor wird über USB an den Raspberry Pi angeschlossen. Um die Daten unter Linux auszulesen, wird das Programm *usb-sensors-linux*¹⁷ verwendet.

2.3. Display

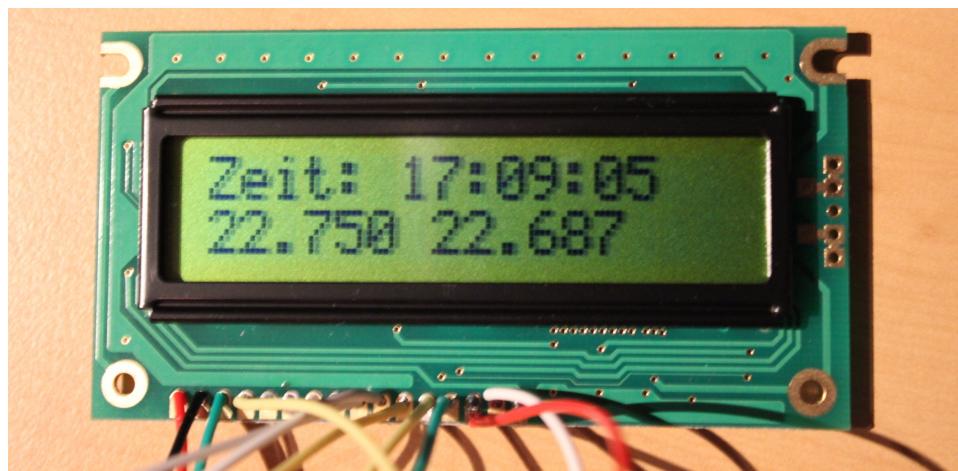


Abbildung 2.6.: Das erste Display (eigenes Werk)

Damit nicht immer ein Computer benötigt wird, um die aktuellen Messwerte zu erfahren, verwende ich ein Display, welches diese anzeigt. Ursprünglich habe ich ein 16x2 Zeichen [LC-Display](#) von *Conrad Electronic* verwendet.¹⁸ Dieses wird nach der Anleitung von [schnatterente.net](#)¹⁹ angeschlossen.

Da jedoch fix angelötete Kabel unflexibel sind, bin ich auf ein Display von [Pollin.de](#)²⁰ umgestiegen, welches mit einer Steckverbindung angeschlossen wird.

¹⁷[usb-sensors-linux](#), *Install AirSensor on Linux*.

¹⁸[ANAG VISION](#), *AV1624 Datasheet*.

¹⁹[Schnatterente.net](#), *Raspberry Pi: 32 Zeichen Hitachi HD44780 Display*.

²⁰[Pollin.de](#), *LCD-Modul TC1602E-01*.

2. Hardware

2.4. Anschluss

Kapitel über Gehäuse, Platinen, Zusammenbau

Anfangs wurde sämtliche Hardware auf einem aufgesteckt und mit einzelnen Kabeln verbunden. Dies ist sehr praktisch für schnelle Versuche und häufige Änderungen, ist aber sehr unstabil und nicht transportabel.

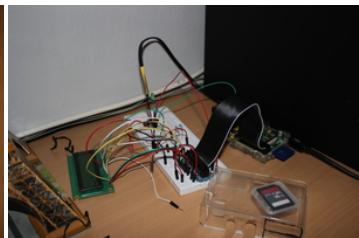
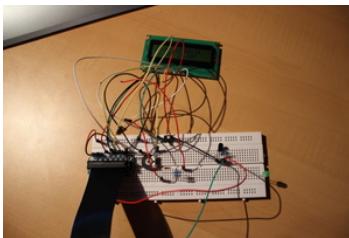
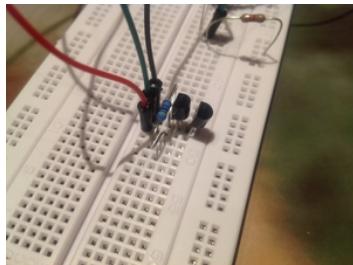


Abbildung 2.7.: DS18B20
(2.2.1)

Abbildung 2.8.: Steckbrett
mit Display
(2.3)

Abbildung 2.9.: erste mehr-
wöchige
Messung

3. Software

Die Software, die verwendet wird, teilt sich in 5 Teile auf:

- Auslesen der Sensoren, Aufbereiten der Daten und allgemeine Steuerung (main.sh)
- Steuern des Displays
- Webinterface (Livedaten, grafische Darstellung und Informationen)
- mathematische Endauswertung
- sonstiges

3.1. main.sh

Das wichtigste Programm ist das **Bash**-Script *main.sh*. Mithilfe eines solchen können Programme gesteuert und ihre Ausgaben verarbeitet werden. Dieses Script kümmert sich um die Aufzeichnung, erste Verarbeitung und Speicherung der Daten und die Steuerung der anderen Programme.

3.1.1. Allgemeines

Zunächst werden die Pins angegeben, an denen die **LEDs** angeschlossen sind. In den Zeilen 11-13 wird nun die grüne **LED** eingeschaltet, um zu zeigen, dass das Programm läuft.

```
8 gpio mode 13 out # gelb
9 gpio mode 12 out # rot
10 gpio mode 3 out #grün
11 gpio write 13 0 # nur grün einschalten
12 gpio write 12 0
```

3. Software

```
13 | gpi o write 3 1
```

Datei 1: main.sh (Zeile 8 bis 13)

Nun startet das eigentliche Programm. Alles, was nun folgt wird wiederholt, bis die Aufzeichnung beendet wird.

```
27 | while true  
28 | do
```

Datei 2: main.sh (Zeile 27 bis 28)

In den folgenden drei Zeilen wird der aktuelle Zeitpunkt in drei verschiedenen Formaten für drei verschiedene Zwecke gespeichert.

Code	Beispiel	Verwendung
%Y/%m/%d %H:%M:%S	2014/11/23 16:47:50	Format zum Abspeichern in CSV-Datei
%d.%m %H:%M:%S	23.11 16:47:50	einfach lesbare Format für das Display
%d.%m.%y %H:%M:%S	23.11.2014 16:47:50	einfaches, exaktes Format für das Webinterface

Tabelle 3.1.: Datumsformate

```
29 | uhrzeit=$( date +%Y/%m/%d\ %H:%M:%S )  
30 | uhrzeit_display=$( date +%d.%m\ %H:%M:%S )  
31 | uhrzeit_lang=$( date +%d.%m.%y\ %H:%M:%S )
```

Datei 3: main.sh (Zeile 29 bis 31)

3.1.2. Messung

Als erstes werden die Sensoren ausgelesen. Am einfachsten kann mit dem im Raspberry Pi integrierten Thermometer die [CPU](#)-Temperatur ausgelesen werden. Hierzu muss nur eine [Gerätedatei](#) geöffnet und daraus die Zeichen 6-9 gelesen werden:

müssen?

3. Software

```
32 rasp=$(/opt/vc/bin/vcgencmd measure_temp | cut -c  
       6,7,8,9)
```

Datei 4: main.sh (Zeile 32)

Nur wenig aufwändiger sind die Temperatursensoren (*DS18B20*, siehe [2.2.1](#)). Da die Sensoren manchmal ungültige Werte zurückgeben, wird nach der ersten Messung überprüft, ob dies der Fall ist (Zeile 34) und die Messung solange wiederholt, bis eine gültige Messung erfolgt.

```
33 temp1=$(echo "scale=3; $(grep 't=' /sys/bus/w1/devices/  
      w1_bus_master1/10-000802b53835/w1_slave | awk 'F  
      ='{print $2}')/1000" | bc -l)  
34 while [ "$temp1" == "-1.250" ] || [ "$temp1" == "85.000"  
      ]  
35 do  
36   gpiowrite 13 1  
37   echo "Temp1: $temp1"  
38   temp1=$(echo "scale=3; $(grep 't=' /sys/bus/w1/  
      devices/w1_bus_master1/10-00080277abe1/w1_slave |  
      awk 'F={print $2}')/1000" | bc -l)  
39   gpiowrite 13 0  
40 done
```

Datei 5: main.sh (Zeile 33 bis 40)

Die Adafruit-Programme^{[2122](#)}, die den Luftfeuchtesensor (siehe [2.2.2](#)) und den Luftdrucksensor (siehe [2.2.3](#)) auslesen, geben die Feuchtigkeit und die Temperatur durch einen Strichpunkt getrennt an. Daher wird dies zu Beginn als Trennzeichen angegeben.

```
4 IFS=";"
```

Datei 6: main.sh (Zeile 4)

²¹Adafruit User LADY ADA, *DHT Humidity Sensing on Raspberry Pi or Beaglebone Black with GDocs Logging*.

²²Adafruit User KEVIN TOWNSEND, *Using the BMP085/180 with Raspberry Pi or Beaglebone Black*.

3. Software

Dadurch kann die Ausgabe einfach aufgetrennt werden:

```
66 luft_roh=$(sudo python /home/pi/Temperaturmessung/  
    Fremddateien/AdafruitDHT.py 2302 17)  
67 set -- $luft_roh  
68 luft_temp=$1  
69 luft_feucht=$2
```

Datei 7: main.sh (Zeile 66 bis 69)

Auch hier wird bei ungültigen Messwerten mehrmals gemessen.

Der relative Wert für die Luftqualität wird direkt von *usb-sensors-linux*²³ zurückgegeben und muss daher nicht weiterbearbeitet werden.

```
84 qualitat=$(sudo /home/pi/Temperaturmessung/Fremddateien/  
    /airsensor -v -o)
```

Datei 8: main.sh (Zeile 84)

3.1.3. Speichern, Aufbereiten und Verarbeiten

Nachdem alle Sensoren ausgelesen wurden, müssen sie dauerhaft gespeichert werden. Hierzu werden alle Werte durch ein Komma getrennt und als neue Zeile an die bisherigen Messungen angehängt.

```
89 ausgabe=${uhrzeit}\,$temp1\,$temp2\,$temp3\,$temp4\,$luft_temp\,$luft_feucht\,$druck\,$temp_druck\,$rasp\,$qualitat  
90 echo $ausgabe >>/home/pi/Temperaturmessung/dygraphs.csv
```

Datei 9: main.sh (Zeile 89 bis 90)

Hierdurch entsteht eine **CSV-Datei**-Datei die wie folgt aussehen kann:

²³usb-sensors-linux, *Install AirSensor on Linux*.

3. Software

```
1 2014/10/03 12:47:36,27.562,29.437,17.375,29.437,19.1,71.4,1000.95,19.30,53.0,1181
2 2014/10/03 12:48:07,27.625,29.437,17.375,29.437,19.1,71.4,1000.86,19.30,53.0,1140
3 2014/10/03 12:48:34,27.625,29.437,17.437,29.500,19.2,71.5,1001.00,19.40,53.0,1151
4 2014/10/03 12:49:02,27.625,29.500,17.437,29.500,19.2,71.5,1000.85,19.40,53.0,1147
```

Datei 10: dygraphs.csv

Diese Datei wird in den Ordner des Webservers kopiert, damit sie grafisch dargestellt werden kann (siehe [3.3.2](#)). Weiters verwendet die *Endauswertung* (siehe [3.4](#)) auch diese Datei zur rechnerischen Auswertung.

Als nächstes wird der Text für das Display (siehe [2.3](#)) erzeugt. Da dort der Platz beschränkt ist (16x2 Zeichen), werden alle Messwerte um 3 Stellen (bzw. 2 bei Luftdruck) gekürzt. Anschließend werden diese Daten in *text.txt* (für Display) und *text_ws.txt* (für Webinterface) exportiert.

```
92 temp1_r=$( echo $temp1 | rev | cut -c 3- | rev )
```

Datei 11: main.sh (Zeile 92)

```
1 03.10 14:49:02
2 27.3
3 30.6
4 25.7
5 30.6
6 25
7 50
8 25.7
9 989.5
10 59.5
11 450
```

Datei 12: text.txt

```
1 03.10.14 14:49:02,27.3,30.6,25.7,30.6,25,50,25.7,989.5,59.5,450
```

Datei 13: text_ws.txt

Abschließend wird noch 8 Sekunden gewartet und jedes tausende Mal ein Backup gemacht und mir per E-Mail geschickt, bevor die nächste Messung von vorne beginnt.

3. Software

3.2. Display

Um die aktuellen Messungen auch ohne Computer zu sehen, werden sie auch direkt am Raspberry Pi auf einem Display angezeigt (siehe auch [2.3](#)). Um das Display anzusteuern wird ein Programm²⁴ von [schnatterente.net](#) verwendet. Dieses wurde von mir um einige Funktionen ergänzt.

Das Programm liest aus *text.txt* (siehe Datei [12](#)) die aktuellen Messwerte aus. Da der Platz jedoch stark beschränkt ist, werden diese auf 11 Seiten aufgeteilt, zwischen denen das Display alle 3 Sekunden wechselt.



Abbildung 3.1.: eingebautes Display (eigenes Werk)

3.3. Webinterface

Einer der wichtigsten Teile des Projektes ist die grafische Auswertung. Diese kann live auf der Webseite des Raspberry Pi und zeitverzögert unter [winkler.kremszeile.at](#) angesehen werden. Die Auswertung besteht aus zwei von einander unabhängigen Teilen. Zum einen gibt es die Anzeige der Live-Daten, zum anderen die Darstellung der kompletten Aufzeichnung als interaktives Diagramm. Zusätzlich werden auf zwei zusätzlichen Seiten

²⁴Schnatterente.net, [displaytest.py](#).

3. Software

Informationen über das Projekt und Links zu mehr Informationen (siehe Anhang A angezeigt).

3.3.1. Livedaten

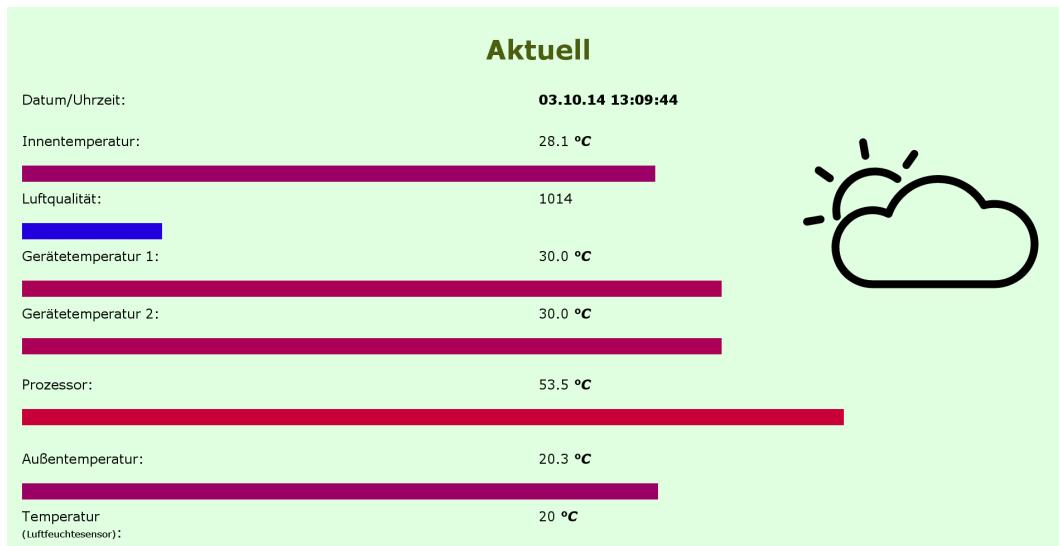


Abbildung 3.2.: Livedaten (Screenshot von winkler.kremszeile.at/aktuell.html)

Auf Webinterface können die aktuellen Messwerte angezeigt und grafisch veranschaulicht werden.²⁵ Hierzu wird alle 5 Sekunden mithilfe von [JavaScript](#) die Datei *text_ws.txt* nachgeladen und ausgewertet. Zusätzlich zur Anzeige der Zahlenwerte werden die Messungen mithilfe von Balken und Farbverläufen angezeigt. Für ältere Webbrowser gibt es auch eine einfache tabellarische Ansicht²⁶

Wetter-Rater

Um die Daten auch anders zu nutzen habe ich einen *Wetter-Rater* programmiert. Dieser versucht auf Basis von einfachen Berechnungen und

²⁵winkler.kremszeile.at/aktuell.html

²⁶winkler.kremszeile.at/aktuell_einfach.html

3. Software

Schätzungen das aktuelle Wetter zu „erraten“. So wird zum Beispiel die aktuelle Außentemperatur mit der nach Jahreszeit und Tageszeit zu erwartenden Temperatur verglichen, um Rückschlüsse auf den Bewölkungsgrad zu ziehen oder aufgrund der Luftfeuchtigkeit ermittelt, ob es Niederschlag gibt.

Hierzu wird die Temperaturschwankung über einen Tag als Cosinusfunktion mit einer Schwankung von 5 °C angenommen.

$$\text{Temperaturerwartung} = -5 \cdot \cos\left(\frac{\text{Stunde} \cdot 2 \cdot \pi}{24}\right) + \text{Mittlere Temp. des Tages};$$

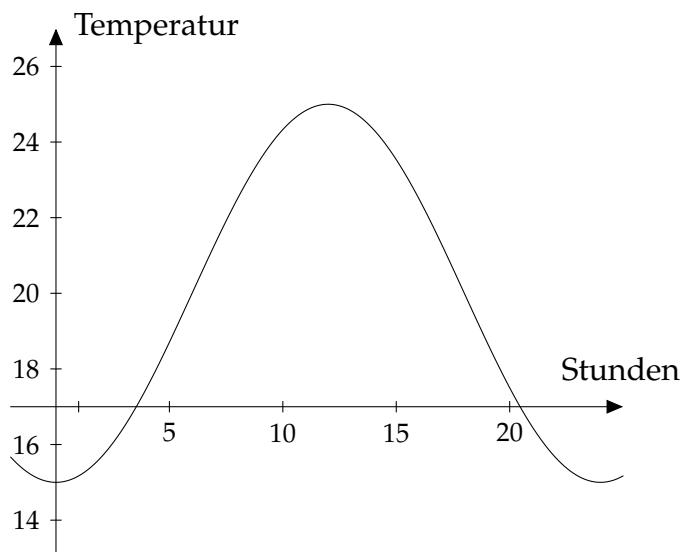


Abbildung 3.3.: Graph der Funktion bei mittlere Temp. = 20 °C (eigenes Werk)

Der Wetter-Rater gibt drei Werte aus:

- Tag oder Nacht
- Niederschlag (keiner/Gewitter/Schnee/Regen/Schneeregen)
- Bewölkungsgrad (sonnig/leicht bewölkt/stark bewölkt)

Aufgrund von diesen Werten wird dann eine Grafik (siehe Abbildung 3.4) ausgewählt, welche dann angezeigt wird.

3. Software



Abbildung 3.4.: Wettericons (eigenes Werk)

3.3.2. Diagramme

Damit auch die vergangenen Messergebnisse angesehen werden können, werden diese im Webinterface auf einer eigenen Seite als Diagramm dargestellt. Diese werden mithilfe von *dygraphs*²⁷, einer **JavaScript**-Bibliothek für interaktive Diagramme, erstellt.²⁸

Hierzu lädt der Webbrower die komplette Aufzeichnung in Form der Datei *dygraphs.csv* (siehe Datei 10) nach. Daraus wird ein Diagramm über den gesamten Zeitraum der Messung erstellt. Im Gegensatz zu anderen Darstellungen kann hier jedoch einfach hineingezoomt werden. So können einfach einzelne Wochen oder Tage betrachtet werden. Da das Diagramm mit allen 10 Messkurven auf einmal überladen wäre, können einzelne Kurven aktiviert und deaktiviert werden. Zusätzlich kann ein Faktor eingegeben werden, um den die Kurven automatisch geglättet werden sollen. Mit einem Tastendruck kann man auch auf die letzten 24 Stunden oder 7 Tage zoomen oder in einem Kalender den Zeitraum auswählen. Es gibt auch ein Auswahlmenü, um den gewünschten Datensatz auszuwählen. Das Diagramm ist darauf angepasst, auch mit Tablets bzw. Touchscreens bedient

²⁷dygraphs, *Homepage*.

²⁸winkler.kremszeile.at/dygraphs_aussen.html

3. Software



Abbildung 3.5.: Webinterface auf einem Tablet (eigenes Werk)

zu werden. Auf Youtube gibt es ein Video, wo man die Verwendung in Aktion sehen kann: www.youtube.com/watch?v=1bv6CEXuN5c

3.4. Endauswertung

Unabhängig vom Webinterface habe ich ein zweites Programm in **Python** geschrieben. Dieses kann die fertige *dygraphs.csv* (siehe Datei **10**) einlesen und verschiedene mathematische Auswertungen über einen beliebigen Zeitraum erstellen.

3. Software

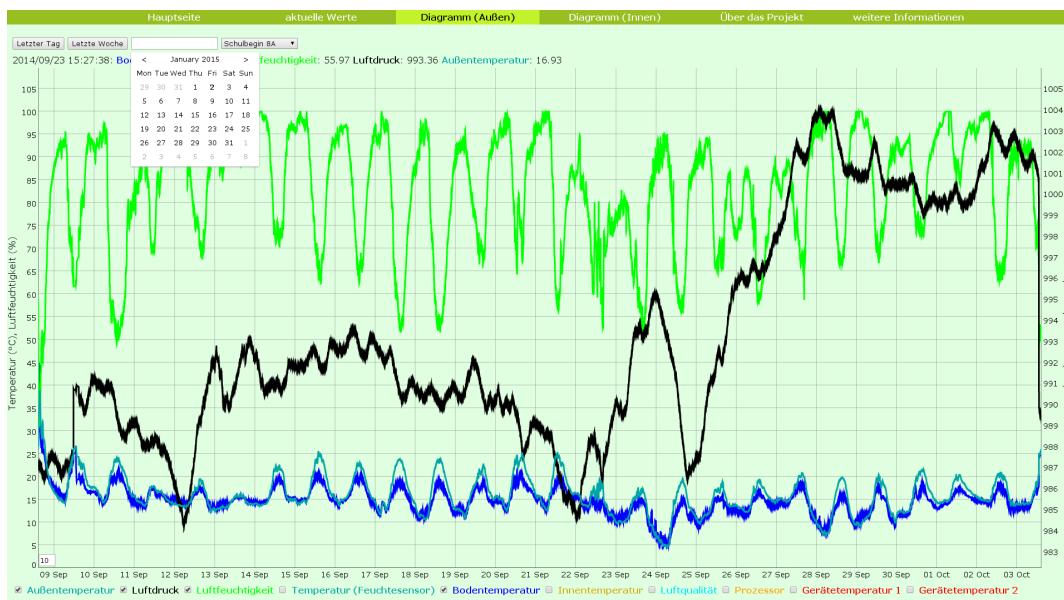


Abbildung 3.6.: Webinterface (von winkler.kremszeile.at/dygraphs_aussen.html)

Zunächst wird die Datei in zwei Dateien aufgespalten. Die eine enthält nur die erste Spalte mit den Zeitstempeln jeder Messung, die andere die Messergebnisse. Da schon wenige Messfehler (zum Beispiel einmalig 6 °C bei 20 °C Außentemperatur) den Mittelwert (und die Standardabweichung) stark verändern, wird zunächst nach Ausreißern gesucht. Hierzu wird für jeden Messwert überprüft, ob er um mehr als 10 °C von dem vorherigen und dem folgenden abweicht. Wenn dem so ist, wird eine Meldung ausgegeben:

```

5 in Spalte 5 Zeile 43636 ist ein Ausreisser (25.5)
6 in Spalte 6 Zeile 6828 ist ein Ausreisser (5.0)
7 in Spalte 6 Zeile 30728 ist ein Ausreisser (87.2)
8 in Spalte 10 Zeile 885 ist ein Ausreisser (0.0)

```

Datei 14: ausgabe.txt (Zeile 5 bis 8)

Als nächstes kann man den Zeitraum angeben, für den die Auswertung erstellt werden soll. Zunächst wird überprüft, ob das eingegebene Datum

3. Software

gültig ist. Das Programm testet anschließend, welche Zeilen der Eingabedatei in diesem Zeitraum liegen.

```
22 Bitte Datum im Format 'DD.MM.YY HH:MM:SS' eingeben
23 Es sollte zwischen 22.02.14 10:24:30 und 13.03.14
     14:54:50 liegen
24 von: 22.02.14 10:30:00
25 bis: 30.02.14 00:00:00
26 Bitte Datum im Format 'DD.MM.YY HH:MM:SS' eingeben
27 bis: 13.03.14 14:00:00
28 Der Messwert geht von Zeile 14 bis Zeile 50353 und über
     folgenden Zeitraum: 19 days, 3:30:00
```

Datei 15: ausgabe.txt (Zeile 22 bis 28)

Nun werden für jede Spalte bzw. für jeden Sensor der Mittelwert, das Minimum, das Maximum und die Standardabweichung berechnet und ausgegeben:

```
29 -----Mittelwerte-----
30 Innentemperatur: 24.40
31 Gerätetemperatur 1: 26.34
32 Außentemperatur: 9.38
33 Gerätetemperatur 2: 26.34
34 Temperatur (Luft): 11.18
35 Luftfeuchtigkeit: 50.90
36 Luftdruck: 989.33
37 Temperatur (Druck): 11.31
38 Prozessor: 51.92
39 Qualität: 2154.99
40 -----Minimum-Maximum-----
41 Innentemperatur: 17.187 26.437
42 Gerätetemperatur 1: 19.687 30.5
43 Außentemperatur: 0.687 32.687
44 Gerätetemperatur 2: 19.687 30.5
45 Temperatur (Luft): 1.1 25.5
46 Luftfeuchtigkeit: 0.0 89.5
47 Luftdruck: 966.99 1005.38
```

3. Software

```
48 Temperatur (Druck): -1.2 -24.4
49 Prozessor: -32.0 -57.8
50 Qualität: -0.0 -6001.0
51 -----Standardabweichung-----
52 Innentemperatur: -0.90
53 Gerätetemperatur 1: -0.94
54 Außentemperatur: -6.33
55 Gerätetemperatur 2: -0.94
56 Temperatur (Luft): -6.55
57 Luftfeuchtigkeit: -19.34
58 Luftdruck: -11.31
59 Temperatur (Druck): -6.48
```

Datei 16: ausgabe.txt (Zeile 29 bis 59)

3.5. diverses

Abgesehen von den großen Teilen des Projektes gibt es auch einige kleinere Aspekte, von denen ich nun einige vorstellen möchte:

3.5.1. Weather Underground

Weather Underground ist ein Online-Wetterdienst mit Firmensitz in San Francisco.²⁹ Dieser bietet auch die Möglichkeit eine eigene Wetterstation zu betreiben und die Daten auf ihrer Webseite anzuzeigen.³⁰ Leider werden die Wetterdaten nur in imperialen Einheiten (also °F und mmHg³¹) akzeptiert. Daher werden die Messwerte vorher von einem Python-Programm umgerechnet und anschließend hochgeladen.

²⁹Wikipedia, *Weather Underground (weather service)* — Wikipedia, The Free Encyclopedia.

³⁰www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=INIEDERS353

³¹Millimeter-Quecksilbersäule oder Torr

3. Software

3.5.2. Autostart

Damit die Umweltdatenmessung einfacher zu handhaben ist, gibt es ein einfaches Start-/Stop-Skript. So werden die Aufzeichnung und das Display automatisch beim Hochfahren gestartet und vor dem Herunterfahren ordnungsgemäß beendet.

3.5.3. mitternacht.sh

Da der Raspberry Pi in der Schule hängt und nicht von außerhalb erreicht werden kann, ist es schwierig Softwareänderungen anzuwenden. Daher habe ich das kleine Skript *mitternacht.sh* geschrieben. Dieses startet täglich um 0:00 Uhr und lädt die neuerste Version von [Github](#) und installiert diese. Zusätzlich werden auch das Betriebssystem und alle installierten Programme aktualisiert. Anschließend werde ich per Push-Benachrichtigung über etwaige Probleme benachrichtigt und der Raspberry Pi startet neu.

3.5.4. sonstiges

- ein Logo (siehe Abbildung [3.7](#))
- Erstellung von statischen Diagrammen mit Gnuplot
 - Jedoch bei zu vielen Daten unübersichtlich und langsam
- Windows Vista/7 Gadget
- E-Mail und Push-Benachrichtigungen
- regelmäßiger Upload der Daten auf winkler.kremszeile.at

3. Software

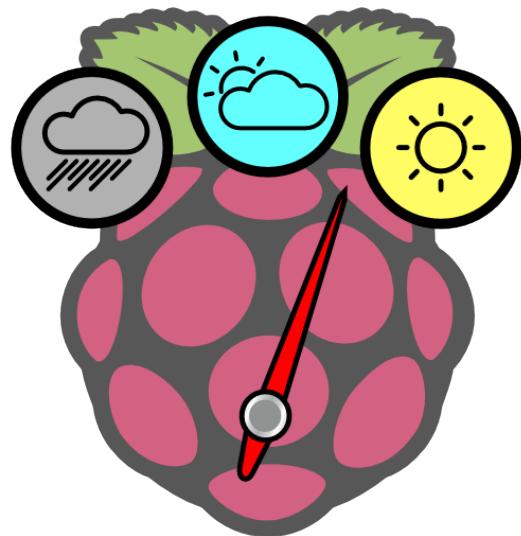


Abbildung 3.7.: Logo (eigenes Werk)

4. Auswertung

Anhang A.

Weitere Informationen

In dieser VWA können nur die wichtigsten Teile des Projektes erwähnt werden. Weitere Informationen gibt es unter folgenden Quellen:

- Github: <https://github.com/Findus23/Umweltdatenmessung>
 - Der komplette Programmcode und alle anderen Dateien, die entstanden sind, sind hier gesammelt.
 - Auch alle Veränderungen seit Dezember 2013 können hier angesehen werden: <https://github.com/Findus23/Umweltdatenmessung/commits/master>
 - Große Veränderungen werden zusätzlich separat gelistet: <https://github.com/Findus23/Umweltdatenmessung/releases>
- Flickr <https://www.flickr.com/photos/findus23/sets/72157637721138445/>
 - Hier sind über 100 Bilder vom Projekt zu sehen.
- Youtube: https://www.youtube.com/playlist?list=PLjtFdocVknd4aw90_zVr0U4BF1RH9PatA
 - Einige Videos (z.B. vom Display) sind auf Youtube zu finden.

Anhang B.

Präsentationen

Während ich am Projekt arbeitete, hatte ich mehrmals die Möglichkeit es anderen vorzustellen. So konnte ich zum Beispiel am 23. April 2014 bei den EDU|days³² den *Raspberry Pi – Anfänger/innen Workshop* von meinem Klassenvorstand MMag. Rene Schwarzinger begleiten und dort den aktuellen Zwischenstand präsentieren.

Nach dem Workshop sprach mich Dr. Johann Stockinger an und fragte mich, ob ich beim computer creative wettbewerb³³ teilnehmen möchte. Noch in dieser Woche habe ich einen kurzen Text über mein Projekt³⁴ geschrieben und eingereicht.

Ein Monat später erfuhr ich, dass ich im Finale bin³⁵ und daher am 17. Juni 2014 mein Projekt vor einer Jury präsentieren darf. Nach einem langen Tag mit vielen Präsentationen erfuhr ich am Nachmittag: Ich habe den ersten Preis in der Sekundarstufe II erreicht.³⁶ Anschließend schrieb ich im Sommer einen Artikel für das OCG Journal.³⁷

³²www.edudays.at/index.php/programm2014

³³www.ocg.at/de/computer-creative-wettbewerb

³⁴https://github.com/Findus23/Umweltdatenmessung/blob/master/Dokumentationen/OCG_Wettbewerb.pdf?raw=true

³⁵blog.ocg.at/2014/05/ccw14-finale/

³⁶blog.ocg.at/2014/06/ccw14-final/

³⁷OCG Journal 3/2014: Seite 33 (www.ocg.at/sites/ocg.at/files/medien/pdfs/OCG-Journal1403.pdf)

Anhang B. Präsentationen

Am 6. Oktober 2014 durfte ich mein Projekt der Arbeitsgruppe *Bildung, Wissenschaft und Forschung* am 3. IKT-Konvent präsentieren.³⁸

³⁸www.internetoffensive.at/3-ikt-konvent

WERKUNDE



Lukas Winkler

hat beim

computer creative wettbewerb '14

der Österreichischen Computer Gesellschaft
mit dem Projekt

Wetterdatenerfassung mit Raspberry Pi

in der Kategorie Sekundarstufe II

1. Platz

erreicht.



für die Jury
Dr. Christian Wirth

Wien, Juni 2014

Literatur

Online-Literatur

- Adafruit User KEVIN TOWNSEND. *Using the BMP085/180 with Raspberry Pi or Beaglebone Black.* 2013. URL: <https://learn.adafruit.com/using-the-bmp085-with-raspberry-pi?view=all> (besucht am 25.10.2014) (siehe S. 6, 12).
- Adafruit User LADY ADA. *DHT Humidity Sensing on Raspberry Pi or Beaglebone Black with GDocs Logging.* 2013. URL: <https://learn.adafruit.com/dht-humidity-sensing-on-raspberry-pi-with-gdocs-logging?view=all> (besucht am 25.10.2014) (siehe S. 5, 12).
- ANAG VISION. *AV1624 Datasheet.* 22. Mai 2006. URL: http://conrad.ru/doci/tekstovyy_display_stn_anag_vision_av1624gfbw_sj__seryy_181664_en.pdf (besucht am 23.11.2014) (siehe S. 8).
- Aosong Electronics Co.,Ltd. *Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22.* 2011. URL: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> (besucht am 08.11.2014) (siehe S. 5).
- Bohk, Philipp. *Rev. 2 des Raspberry Pi Model B - made in UK.* 4. Sep. 2012. URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:RaspberryPiModelBRev2_by.Philipp.Bohk.jpg (besucht am 04.07.2014) (siehe S. 2).
- Bosch Sensortec. *BMP085 Digital pressure Sensor - Data Sheet.* 15. Okt. 2009. URL: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/BST-BMP085-DS000-05.pdf> (besucht am 25.10.2014) (siehe S. 6).
- dygraphs. *Homepage.* 2014. URL: <http://dygraphs.com/> (besucht am 19.12.2014) (siehe S. 18).
- elinux. *RPi Hardware - Power.* 2014. URL: http://elinux.org/index.php?title=RPi_Hardware&oldid=341192#Power (besucht am 04.07.2014) (siehe S. 3).

Literatur

- FHEMWiki. *Kategorie:1-Wire - FHEMWiki*. 2014. URL: <http://www.fhemwiki.de/w/index.php?title=Kategorie:1-Wire&oldid=5092#1-Wire> (besucht am 18. 10. 2014) (siehe S. 4).
- Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes. *LEITFADEN FÜR DIE INNENRAUMHYGIENE IN SCHULGEBÄUDEN*. 2008. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3689.pdf> (besucht am 11. 11. 2014) (siehe S. 7).
- Maxim Integrated Products, Inc. *DS18B20 - Data Sheet*. 2008. URL: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf> (besucht am 17. 10. 2014) (siehe S. 4).
- Pollin.de. *LCD-Modul TC1602E-01*. 2014. URL: http://www.pollin.de/shop/dt/0Tc10Tc40Tk-/Bauelemente_Bauteile/Aktive_Bauelemente/Displays/LCD_Modul_TC1602E_01.html (besucht am 23. 11. 2014) (siehe S. 8).
- Python Software Foundation. *What is Python? Executive Summary*. URL: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/> (besucht am 02. 01. 2015) (siehe S. 38).
- Raspberry Pi Foundation. *The Making of Pi*. Raspberry Pi Foundation. 2012. URL: <http://www.raspberrypi.org/about/> (besucht am 04. 07. 2014) (siehe S. 3).
- @Raspberry_Pi. @ruskin147 As of today, it looks like 3.8 million - that's an *awful lot of computers*. 12. Okt. 2014. URL: https://twitter.com/Raspberry_Pi/status/521065388948586497 (besucht am 22. 11. 2014) (siehe S. 3).
- Rossum, Guido van. *Python Reference Manual*. 31. Dez. 1997. URL: <http://svn.python.org/projects/python/tags/release15/Doc/ref/ref.ps> (besucht am 02. 01. 2015) (siehe S. 38).
- Schnatterente.net. *displaytest.py*. URL: <http://www.schnatterente.net/code/raspberrypi/displaytest.py> (besucht am 13. 12. 2014) (siehe S. 15).
- *Raspberry Pi: 32 Zeichen Hitachi HD44780 Display*. 10. Okt. 2014. URL: <http://www.schnatterente.net/technik/raspberry-pi-32-zeichen-hitachi-hd44780-display#> (besucht am 23. 11. 2014) (siehe S. 8).
- Tfitzp. *Veroboard sample*. 22. Aug. 2013. URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:VEROBOARD_sample.jpg (besucht am 05. 01. 2015) (siehe S. 38).
- Ulfbastel. *gold plated printed circuit board*. 22. Aug. 2007. URL: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aupcb.jpg> (besucht am 05. 01. 2015) (siehe S. 37).

Literatur

- usb-sensors-linux. *Install AirSensor on Linux*. 29. Apr. 2013. URL: https://code.google.com/p/usb-sensors-linux/wiki/Install_AirSensor_Linux (besucht am 08.11.2014) (siehe S. 8, 13).
- Velux. *VELUX Raumluftfühler*. 2014. URL: http://www.velux.de/privatkunden/produkte/integra_system/produkte/produktempfehlung/raumluftfuehler (besucht am 08.11.2014) (siehe S. 7).
- Wikipedia. *Bus* — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. 2014. URL: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bus_\(Datenverarbeitung\)&oldid=134938136](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bus_(Datenverarbeitung)&oldid=134938136) (besucht am 04.07.2014) (siehe S. 35).
- GitHub — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. 12. Dez. 2014. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=GitHub&oldid=136725990> (besucht am 14.12.2014) (siehe S. 36).
 - Ohm — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. 8. Dez. 2014. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ohm&oldid=136576262> (besucht am 22.12.2014) (siehe S. 37).
 - Raspberry Pi — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. 2014. URL: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Raspberry_Pi&oldid=134104012#Idee (besucht am 04.07.2014) (siehe S. 3).
 - Weather Underground (weather service) — Wikipedia, The Free Encyclopedia. 12. Dez. 2014. URL: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Weather_Underground_\(weather_service\)&oldid=637705817](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Weather_Underground_(weather_service)&oldid=637705817) (besucht am 03.01.2015) (siehe S. 22).
- WISSEN Wiki. *Flüchtige organische Verbindung*. 2014. URL: http://www.wissenwiki.de/index.php?title=F1%C3%83%C2%BCchtige_organische_Verbindung&oldid=41478 (besucht am 11.11.2014) (siehe S. 7).

Abbildungsverzeichnis

1.1.	Messstation (eigenes Werk)	1
2.1.	Raspberry Pi - Modell B	2
2.2.	Pinbelegung des DS18B20 (eigenes Werk)	4
2.3.	Die erste erfolgreiche Messung (eigenes Werk)	5
2.4.	Anschlusskizze von <i>DS18B20</i> (Mitte; 2.2.1), <i>DHT22</i> (Links; 2.2.2) und <i>BMP085</i> (Rechts; 2.2.3) (eigenes Werk)	6
2.5.	Velux Raumluftfühler (eigenes Werk)	7
2.6.	Das erste Display (eigenes Werk)	8
2.7.	<i>DS18B20</i> (2.2.1)	9
2.8.	Steckbrett mit Display (2.3)	9
2.9.	erste mehrwöchige Messung	9
3.1.	eingebautes Display (eigenes Werk)	15
3.2.	Livedaten (Screenshot von winkler.kremszeile.at/aktuell.html)	16
3.3.	Graph der Funktion bei mittlere Temp. = 20 °C (eigenes Werk)	17
3.4.	Wettericons (eigenes Werk)	18
3.5.	Webinterface auf einem Tablet (eigenes Werk)	19
3.6.	Webinterface (von winkler.kremszeile.at/dygraphs_außen.html)	20
3.7.	Logo (eigenes Werk)	24

Dateiverzeichnis

1.	main.sh (Zeile 8 bis 13)	10
2.	main.sh (Zeile 27 bis 28)	11
3.	main.sh (Zeile 29 bis 31)	11
4.	main.sh (Zeile 32)	12
5.	main.sh (Zeile 33 bis 40)	12
6.	main.sh (Zeile 4)	12
7.	main.sh (Zeile 66 bis 69)	13
8.	main.sh (Zeile 84)	13
9.	main.sh (Zeile 89 bis 90)	13
10.	dygraphs.csv	14
11.	main.sh (Zeile 92)	14
12.	text.txt	14
13.	text_ws.txt	14
14.	ausgabe.txt (Zeile 5 bis 8)	20
15.	ausgabe.txt (Zeile 22 bis 28)	21
16.	ausgabe.txt (Zeile 29 bis 59)	21

Glossar

[A](#) | [B](#) | [C](#) | [D](#) | [E](#) | [F](#) | [G](#) | [H](#) | [I](#) | [J](#) | [K](#) | [L](#) | [O](#) | [P](#) | [S](#) | [V](#)

A

Ampere

die SI-Basiseinheit der elektrischen Stromstärke

B

Bash

Bourne-again shell

ist die heute unter Linux am häufigsten verwendete [Shell](#)

C

C

eine sehr weit verbreitete Programmiersprache

Hier wird sie oft zum Auslesen der Sensoren verwendet, da sie sehr schnell ausgeführt wird

CPU

Central Processing Unit

der Hauptprozessor

CSV-Datei

Comma-separated values

Hierbei werden Messungen in einer Textdatei durch Zeilenumbrüche und einzelne Werte durch Beistriche getrennt

D

Datenbus

*System zur Datenübertragung zwischen mehreren Teilnehmern über einen gemeinsamen Übertragungsweg, bei dem die Teilnehmer nicht an der Datenübertragung zwischen anderen Teilnehmern beteiligt sind.*³⁹

³⁹Wikipedia, [Bus](#)— Wikipedia, Die freie Enzyklopädie.

Glossar

E

Einplatinencomputer

ein vollständiges Computersystem, welches auf einer einzelnen Platine zusammengefasst ist

F

Flickr

ist eine Online-Plattform, auf der Fotos hochgeladen und veröffentlicht werden können

G

Gerätedatei

eines der grundlegenden Prinzipien von diversen Linux-Betriebssystemen ist *Everything is a file*.

Daher können auf Festplatten, Schnittstellen und Informationen über das System einfach über das Auslesen von Dateien zugegriffen werden.

Github

ist ein webbasierter Hosting-Dienst für Software-Entwicklungsprojekte⁴⁰

GPIO

General Purpose Input/Output

Kontakte auf der Platine, die softwareseitig für verschiedene Zwecke angesteuert werden können

z. B.: Auslesen von Sensoren, Ansteuern von Displays

H

Hertz

die SI-Basiseinheit für die Frequenz

Sie gibt die Wiederholungen pro Sekunden an (hier: Wechsel zwischen Strom und kein Strom in der CPU pro Sekunde)

I

I²C

Inter-Integrated Circuit (auf Deutsch gesprochen: I-Quadrat-C)

ein sehr weit verbreiteter Datenbus

J

⁴⁰Wikipedia, [GitHub — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie](#).

Glossar

JavaScript

eine Skriptsprache für dynamische Inhalte in Webseiten

K

Kernelmodul

ein Programm, welches in das Betriebssystem geladen werden kann und oft zur Kommunikation mit Hardware verwendet wird

L

LC-Display

liquid crystal display

Flüssigkristallbildschirm

LED

light-emitting diode

Licht abgebende Diode

O

Ω

Das Ohm ist die abgeleitete SI-Einheit des elektrischen Widerstands⁴¹

1-Wire

ein [Datenbus](#)-System zur einfachen Kommunikation mit Sensoren

P

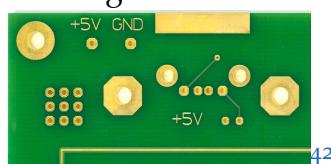
Pascal

ist die Einheit des (Luft-)Drucks

Platine

auch genannt Leiterplatte

ein Träger für elektrische Bauteile



⁴¹Wikipedia, *Ohm* — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie.

⁴²Ulfbastel, *gold plated printed circuit board*.

Glossar

Python

ist eine 1991 entwickelte Programmiersprache, deren Fokus auf Programmlesbarkeit liegt.⁴³⁴⁴

S

Shell

ist eine Schnittstelle, über die der Benutzer Kommandos an den Computer schicken kann

Standardabweichung

ein Maß für die Streuung der Werte

Streifenplatine

eine [Platine](#), bei der die Kontakte streifenförmig miteinander verbunden sind.



⁴⁵

V

VOC

volatile organic compound (dt. Flüchtige organische Verbindungen)

Volt

die SI-Basiseinheit der elektrischen Spannung

⁴³Python Software Foundation, [What is Python? Executive Summary](#).

⁴⁴Rossum, [Python Reference Manual](#).

⁴⁵Tfitzp, [Veroboard sample](#).

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Lukas Winkler, erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich diese vorwissenschaftliche Arbeit selbstständig und ohne Hilfe Dritter verfasst habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als Zitate kenntlich gemacht und alle verwendeten Quellen angegeben habe.

Krems an der Donau, am _____

Datum

Unterschrift