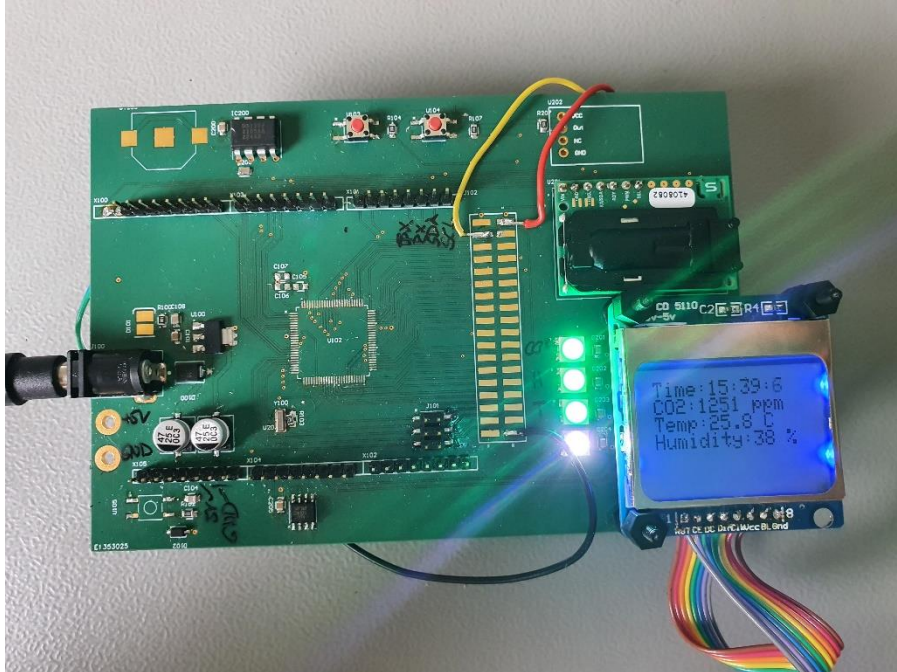


Umgebungssensor



Schule:	TEKO Schweizerische Fachschule
Autoren:	David Indermühle
Zeitdauer:	17.09.2021 bis 01.11.2021
Diplomlehrer:	Fabian Hirter
Studiengang:	Elektrotechniker HF
Ort/Datum	Bern, 01.11.2021

Management Summary

In der Arbeit wird ein Umgebung Sensor realisiert. Die Arbeit ist ein Privatprojekt, welches in Wohnungen und Büroräumen verschiedene Werte überwachen soll.

Während der Arbeit wird ein Lösungsweg erarbeitet wie ein Sensor, der die Werte der Umgebung überwachen soll und welche Werte zu überwachen sind. Da auf dem Markt zur Zeit der Diplomarbeit ein Engpass an Bauteilen besteht wurde entschieden, dass Layout und die Bauteile bereits vor Beginn zu erstellen.

Der Umgebungssensor soll die Werte Zeit, CO₂, Luftfeuchtigkeit und Temperatur von verschiedenen Komponenten auslesen und diese auf einer Anzeige oder einem Display darstellen. Die Werte werden zusätzlich verarbeitet und auf einer Statusanzeige im entsprechenden Zustand angezeigt.

Es wird eine Hardware für einen Prototypen gelayoutet, bestückt und in Betrieb genommen. Während der Inbetriebnahme werden einige Modifikationen vorgenommen.

Für diese Ziele zu erreichen wird ein SCD30 Sensormodul verwendet, welches über I²C angesteuert wird. Des Weiteren wird mit einem RTC gearbeitet, welchem bei der Programmierung eine aktuelle Uhrzeit übergeben wird.

Die Software wird auf bestehenden Arduino Bibliotheken aufgebaut. In der Software wird das Sensormodul und der RTC ausgelesen. Die ausgelesenen Daten werden verarbeitet und auf dem Display und auf den Status RGB LEDs angezeigt. Für sehr hohe CO₂ Werte wird des Weiteren, ein Alarm auf einem Summer ausgegeben.

Die Hardware erfüllt nach Modifikationen alle nötigen Anforderungen.

Inhaltsverzeichnis

1	Beruflicher Lebenslauf.....	6
1.1	David Indermühle	6
2	Einleitung	7
2.1	Ziel und Zweck des Dokumentes.....	7
2.2	Ausgangslage	7
2.2.1	Hardware	7
2.2.2	Software	7
2.2.3	Hilfsmittel	8
2.3	Aufgabenstellung	9
3	Herangehensweise.....	10
3.1	Arbeitsorte und Termine	10
3.2	Entwicklungsumgebungen.....	10
3.3	Ablaufplanung	10
4	Konzept.....	11
4.1	Hardware Konzept	11
4.1.1	Speisung	11
4.1.2	Eingabe / Sensoren.....	11
4.1.3	Verarbeitung.....	11
4.1.4	Ausgabe.....	11
4.2	Software Konzept	12
5	Ziele.....	13
5.1	Muss Ziele:	13
5.2	Soll Ziele:.....	13
5.3	Kann Ziele:	13
6	Information Beschaffung	14
6.1	CO2 Grenzwerte	14
6.2	Luftfeuchtigkeit	15
6.2.1	Niedriger Luftfeuchtigkeitsgehalt	15
6.2.2	Hohe Luftfeuchtigkeit	15
6.3	Raumtemperatur.....	16
6.4	NDIR-Sensoren.....	16
7	Lösungsoptionen	17
7.1	Temperatursensor TMP36	17
7.2	Luftfeuchtigkeits- und Temperatursensor DHT11	17
7.3	SCD30.....	17

7.4	RTC DS1307.....	17
7.5	Mikrokontroller ATMEGA2560.....	18
7.6	Arduino MEGA	18
7.7	LEDs WS2812B	19
7.8	Display PCD8544	19
7.9	Programmiere Umgebung.....	20
7.9.1	Arduino IDE.....	20
7.9.2	Microchip Studio.....	20
7.10	Setzen von Grenzwerten	20
7.10.1	Raumspezifische-Profile	20
7.10.2	Einfaches Raumprofil	20
7.10.3	Arbeiten mit RTOS	21
8	Lösung	22
9	Umsetzung	23
9.1	Bestückung.....	23
9.2	Inbetriebnahme PCB V1	23
9.3	Re-Design	23
9.3.1	Power	24
9.3.2	GPIOs.....	24
9.3.3	Leiterplatte	25
9.4	Inbetriebnahme Re-Design	26
9.4.1	Inbetriebnahme Mikrokontroller.....	26
9.4.1.1	Import von Sketch Dateien	26
9.5	Arduino MEGA	27
9.5.1	Pin-Zuordnung	27
9.6	Inbetriebnahme und Ansteuerung RTC	28
9.7	Inbetriebnahme und Ansteuerung SCD30	28
9.8	Inbetriebnahme Display PCD8544	28
9.9	Inbetriebnahme LEDs WS2812B	28
9.10	Statusanzeige	29
9.10.1	CO2	29
9.10.2	Luftfeuchtigkeit.....	29
9.10.3	Temperatur	29
10	Wirtschaftlichkeit	30
11	Zielkontrolle	31
11.1	Prototyp Fertigen & Bestücken.....	31
11.2	Inbetriebnahme Hardware.....	31
11.3	Code in C++.....	31
11.4	Auslesen der Sensor Werte	31

11.5	Auslesen und unterscheiden von CO2 Werten	31
11.6	Anzeige der Werte auf dem Display	31
11.7	Zustandsanzeige auf RGB LEDs	31
11.8	Ausgabe eines Warntons bei höheren CO2-Werten	31
11.9	Regelmässiges aus lesen der Werte.	32
11.10	Kann Ziele.....	32
12	Fazit	33
14	Abkürzungen.....	34
15	Quellenverzeichnis.....	34
16	Abbildungsverzeichnis	37
17	Tabellenverzeichnis	38
18	Eigenständigkeitserklärung.....	39
19	Anhang.....	40
	3,3V Messung	52
I2C	53	
	I2C Messaufbau	53
	I2C Messung	54

1 Beruflicher Lebenslauf

1.1 David Indermühle

Seit Februar 2020	nanoTRONIC AG, Lyss Elektroniker EFZ / Hardware
März 2018 bis Januar 2020	Gilgen Door System, Schwarzenburg Stellvertretender Abteilungsleiter Prüffeld/ Elektroniker EFZ
Februar 2017 bis März 2018	Gilgen Door Systems, Schwarzenburg Elektroniker EFZ Prüffeld
November 2016 bis Januar 2017	Levitnoix, Zürich Elektroniker EFZ
August 2012 bis Juli 2016	Berner Fachhochschule, Bern Burgdorf Lehre Elektroniker EFZ

2 Einleitung

2.1 Ziel und Zweck des Dokumentes

Ziel und Zweck dieses Dokumentes ist eine ausführliche Dokumentation der Diplomarbeit Umgebungssensor zu erstellen. Ein technisch versierter Leser soll in der Verfassung sein, die Hardware und die Software mit Hilfe des Dokumentes zu verstehen und anzupassen. Somit können Modifikationen und Weiterentwicklungen des Projektes ermöglicht werden.

2.2 Ausgangslage

Zum Abschluss der höheren Fachschule im Bereich Elektrotechnik an der TEKO soll eine Diplomarbeit gemacht werden. Das Projekt ist ein Privat Projekt, welches die Umgebungswerte in Wohnungen und Bandräumen überwachen soll. Es soll nicht in Räumen (Arbeitsräume) verwendet werden, welche Sicherheitsstandards erfüllen müssen.

Die Themenwahl wurde getroffen da auch einige Studien gezeigt haben das bei besserer Luftqualität Viren weniger schnell übertragen werden und es somit auch in die aktuelle Situation mit Covid-19 passt.

Bei dem Projekt handelt es sich um Gerät, welches die Temperatur, Luftfeuchtigkeit, CO2 Werte und die Zeit von Komponenten erfasst. Die erfassten Werte sollen auf einem Display dargestellt werden. Des Weiteren sind Status RGB Leds vorhanden auf welchen der Zustand mit verschiedenen Farben dargestellt wird. Wenn ein kritischer Grenzwert an Co2 erfasst wird, soll auf einem Summer ein akustisches Alarmsignal ausgegeben werden.

Da zum Zeitpunkt der Arbeit, ein Engpass an Bauteilen auf dem Markt ist, wurde beschlossen das Layout bereits im vorherein zu erstellen. Somit konnten alle nötigen Bauteile bereits bestellt werden.

2.2.1 Hardware

Während der Arbeit soll ein Prototyp bestückt und in Betrieb genommen werden. Das Layout wurde aus Zeitlichen Gründen im vorherein erstellt. Die Hardware basiert auf einem Arduino MEGA, welches auf einem PCB integriert wurde. Des Weiteren sind diverse Sensoren und ein RTC(Real Time Clock) vorhanden. Als Anzeige wird ein LCD Display verwendet. Des Weiteren sind RGB LEDs vorhanden welche den aktuellen Luftzustand anzeigen. Alle Komponenten werden von Hand bestückt.

2.2.2 Software

Die Software wird in der Sprache C++ geschrieben. Als Entwicklungsumgebung wird Arduino IDE verwendet.

2.2.3 Hilfsmittel

Es werden folgende Hilfsmittel verwendet.

Typ	Beschreibung	Hersteller.	Bild
Altium Designer	ECAD für Layout und Schema	Altium	
Arduino IDE	Entwicklungsumgebung	Arduino	
Yed Graph	Zeichenprogramm zum Erstellen von Fluss Diagrammen	yworks	
Sublime 3	Text Editor, ist Praktisch zum Lesen und Verwalten von Arduino Bibliotheken	Sublime Text	

2.3 Aufgabenstellung

Die Idee ist es ein Device zu erstellen, welches die Werte der Umgebung überwacht und bei kritischen Werten ein Alarm ausgibt. Die Überwachungsstation soll lediglich in einem Wohnraum oder Bandraum verwendet werden und melden, wenn schlechte Luft im Raum ist. Somit soll die Steuerung nicht in Räumen verwendet werden, in welchen die Sicherheit von Personen in Gefahr kommen kann.

Das Ziel der Arbeit ist es eine Hardware und eine Software für eine Umgebungsüberwachung zu erstellen. Das heisst, es wird ein Temperatursensor, ein CO2 Sensor und ein Feuchtigkeitssensor vorhanden sein. Die Werte sollen auf einer Anzeige dargestellt werden.

Falls die Luftqualität schlecht wird soll über einen Summer ein akustischer Alarm ausgegeben werden.

Für jeden gelesenen Sensorwert soll eine Status LED zur Verfügung stehen. Die Farbe der LEDs soll wechseln, wenn die Grenzwerte überschritten oder unterschritten werden.

Die Aktuellen Werte sollen auf einer Anzeige (Display) ausgegeben werden.

Beim Auftragsende soll eine funktionierende Hardware, und eine Software zur Verfügung stehen. Die Hardware soll von Hand bestückt werden.

Die Arbeit soll keine Weiterführung der Bereits erstellten Semesterarbeit CO2_Sensor werden, es wird im Projekt mit anderen Sensoren gearbeitet, welche einen kleineren Bereich abdecken, somit nicht im Bereich der sicherheitskritischen Werte arbeiten.

3 Herangehensweise

3.1 Arbeitsorte und Termine

Die Diplomarbeit startet am 17.09.2021 und muss am 01.11.2021 um 17.00 abgegeben werden. In dieser Zeit stehen zwei Standortmeetings mit dem Diplomlehrer an. Gearbeitet wird von zu Hause. Auch die Hardware wird zu Hause bestückt.

3.2 Entwicklungsumgebungen

Während des Projektes wird mit der Arduino Umgebung gearbeitet. Bereits verfügbare Bibliotheken der Arduino IDE werden mit verwendet. Der Code wird in der Programmiersprache C++ geschrieben. Zum Einsehen der Bibliotheken wird das Programm Sublime Text verwendet.

3.3 Ablaufplanung

Um den Ablauf zu planen wurde ein grober Zeitplan erstellt. Dieser soll eine grobe Übersicht bieten. Einige Tage wurden frei gelassen, diese können als freie Tage oder Puffer verwendet, falls das Projekt noch nicht soweit vorgeschritten ist wie es sollte. Im Anhang befindet sich ein angepasster Zeitplan in dem das Datum festgehalten wurde wann die Verschiedenen Punkte effektiv fertig waren.

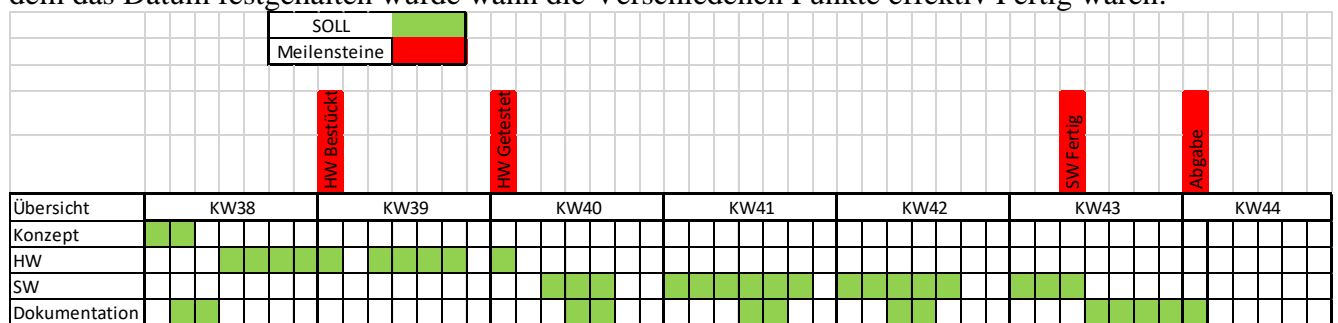


Abbildung 1: Zeitplan grober Ablauf

4 Konzept

4.1 Hardware Konzept

Die Hardware besteht aus vier Teilen. Speisung, Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe



Abbildung 2 Hardwarekonzept

4.1.1 Speisung

Um alle Komponenten Speisen zu können muss eine 3.3V und eine 5V Speisung vorhanden sein. Die 5V sind direkt über USB oder über einen 5V Spannungsregler auf dem Board verfügbar. Die 3.3V werden mit Hilfe eines Spannungswandlers auf dem PCB von 5V auf 3.3V geregelt.

4.1.2 Eingabe / Sensoren

Für die Werte der Umgebung zu erfassen stehen Sensoren zur Verfügung welche über I2C ausgelesen werden. Als weiteres Eingabeelement ist ein RTC(Real Time Clock) auf dem PCB welcher auch über I2C ausgelesen wird. Die Zeit muss allerdings beim Programmieren zuerst eingestellt werden.

4.1.3 Verarbeitung

Zur verarbeiten der Daten wird das Mikrokontroller System Arduino Mega verwendet. Welches die Kommunikation mit den Eingangs Komponenten und der Ausgabe auf den Ausgabe Komponenten verarbeitet.

4.1.4 Ausgabe

Für die Ausgabe der Daten wird ein Display verwendet zusätzlich zum Display sind für jeden Ausgelesenen Wert noch Status LEDs vorhanden. Auch ein Summer ist vorhanden welcher Aktiv wird bei hohen Kohlestoffdioxidwerten

4.2 Software Konzept

Die Software besteht aus sechs Teilen, bei der Initialisierung werden alle Pins definiert, I2C und SPI initialisiert. Die aktuelle Zeit soll in dem RTC abgespeichert werden. Anschliessend werden die Sensoren angesteuert und ausgelesen. Wenn die Werte erfolgreich ausgelesen werden, werden diese anschliessend verarbeitet und ausgegeben.

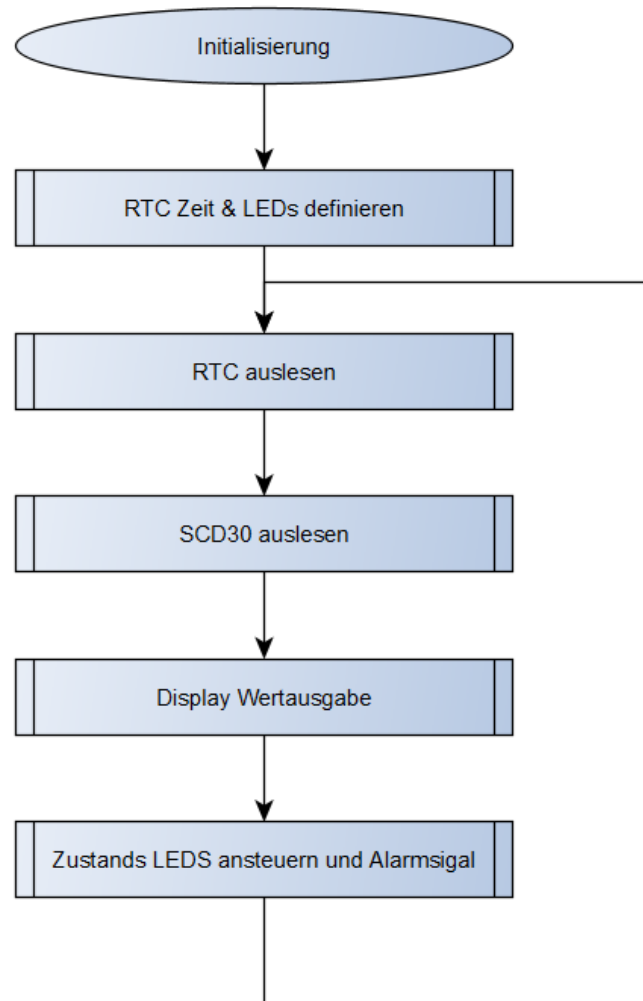


Abbildung 3 Flussdiagramm

5 Ziele

Folgende Ziele wurden als Grundlage definiert.

5.1 Muss Ziele:

- Es ist ein Prototyp zu fertigen. Bestücken, Löten
- Inbetriebnahme Hardware
- Der Code ist in der Sprache C++ zu schreiben
- Ansteuern der Sensoren (Auslesen der Werte)
- Auslesen und unterscheiden von CO2 Werten in einem nicht sicherheitsrelevanten Bereich
- Anzeige der Werte auf dem Display
- Zustandsanzeige auf RGB LEDs
- Ausgabe eines Warntons bei höheren CO2-Werten

5.2 Soll Ziele:

- Regelmässiges Auslesen der Werte

5.3 Kann Ziele:

- Einbau in ein Gehäuse
- Konfiguration des RTC mit Tastern (Sommer-/Winterzeit)

6 Information Beschaffung

6.1 CO2 Grenzwerte

Da wir Menschen Sauerstoff zum Leben benötigt und als Abfallprodukt Kohlenstoffdioxid kurz CO₂ ausstossen sollte ein Raum ab und zu gelüftet werden.

Aussenluft hat eine ungefähre CO₂ Konzentration von 400ppm, welcher aber auch sehr davon abhängig ist, ob der Wert in der Stadt oder auf dem Land gemessen wird. In der Stadt ist meistens eine höhere CO₂ Belastung als auf dem Land. Da in der Stadt meist ein höherer Dichte an Industrie und Gebäuden vorhanden ist, folglich höherer Ausstoss von Treibhausgasen.

Die Europäische Norm EN 13779 bewertet die Konzentration von CO₂ in Innenräumen in vier Qualitätsstufen. Als hygienisch inakzeptabel gilt die Raumluftqualität ab 2.000 ppm.

CO ₂ Gehalt im ppm	CO ₂ in %	Qualitätsstufe
Unter 800	<0,08 %	Hohe Raumluftqualität
800 - 1.000	0,08 - 0,1 %	Mittlere Raumluftqualität
1.000 - 1.400	0,1 - 0,14 %	Mäßige Raumluftqualität
Über 1.400	>0,14 %	Niedrige Raumluftqualität

Tabelle 1 CO₂ Raumluftqualität

Wenn Räume nicht gelüftet werden wird die CO₂ Konzentration steigen und kann kritisch für die Gesundheit werden. In der Tabelle rechts ist gut ersichtlich ab welchem CO₂ Anteil in der Luft es für den Mensch gefährlich wird. [1]

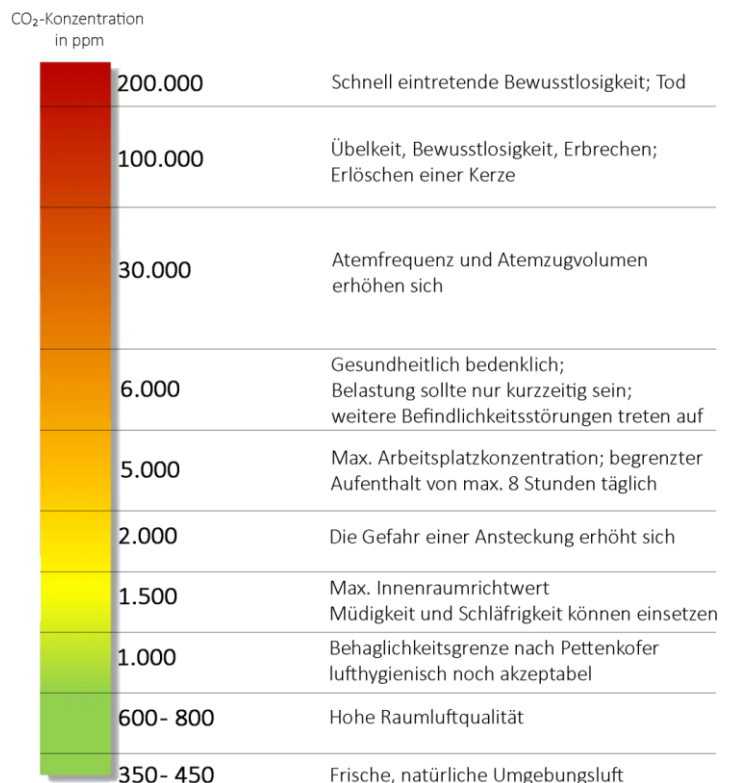


Tabelle 2 Grenzwerte CO₂

6.2 Luftfeuchtigkeit

Allgemein wird eine relative Luftfeuchtigkeit von 50% bei 20°C als optimale Luftqualität betrachtet. Jedoch ist der optimale Wert auch davon Abhängig wie lang eine Person sich darin befindet.

6.2.1 Niedriger Luftfeuchtigkeitsgehalt

Bei einem niedrigen Luftfeuchtigkeitsgehalt bei unter 40% kann es bereits zu Augen-, Haut und Schleimhautreizung kommen. Dies äussert sich durch ausgetrocknete Haut mit Rötungen und Juckreiz. Des Weiteren wird das Immunsystem geschwächt, was zu Öfteren Erkältungen führen kann. Neben der Gesundheit kann es auch zu Schäden am Haus kommen. Zum Beispiel Holz das sich verzieht.

6.2.2 Hohe Luftfeuchtigkeit

Bei andauernder zu hoher Luftfeuchtigkeit ab 60% ist die Chance das es zu Schimmelbildung führt sehr hoch. Ab einer Luftfeuchtigkeit von 70% ist ein Schimmelbefall fast unausweichlich. Durch das Einatmen von Schimmelsporen können Erkrankungen wie Asthma oder Allergien ausgelöst werden. [2]

Deshalb ist es wichtig den Luftfeuchtigkeitswert zwischen 40% bis 60% zu halten.

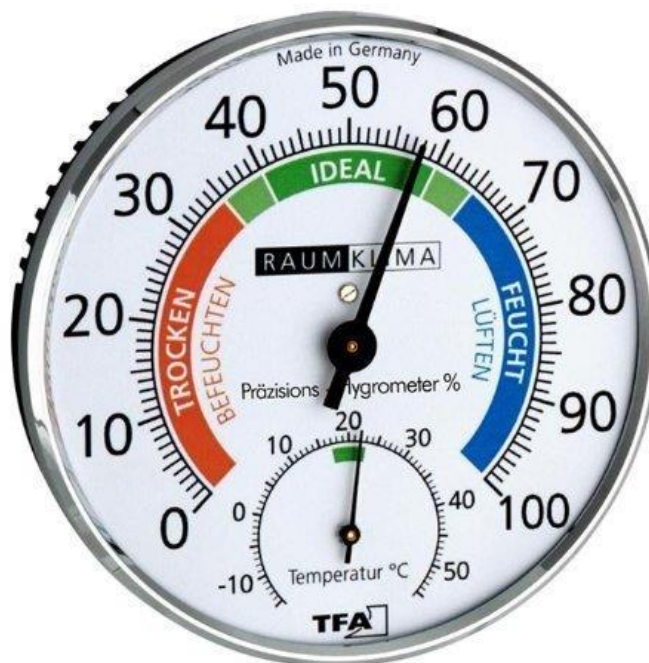


Abbildung 4: Luftfeuchtigkeit Anzeige

6.3 Raumtemperatur

Die Optimale Raumtemperatur ist immer von der Person abhängig. Der Bereich für eine Angenehme Zimmertemperatur schwankt zwischen 16-28°C. Die Temperatur ist auch immer abhängig von der Jahres und Tages Zeit. Während in der Nacht eher Temperaturen von 16-19°C geeignet sind, bevorzugen die Meisten Personen den Tag durch Temperaturen von 20-25°C.

Die Optimale Temperatur ist auch immer von der Luftfeuchtigkeit abhängig. [3]

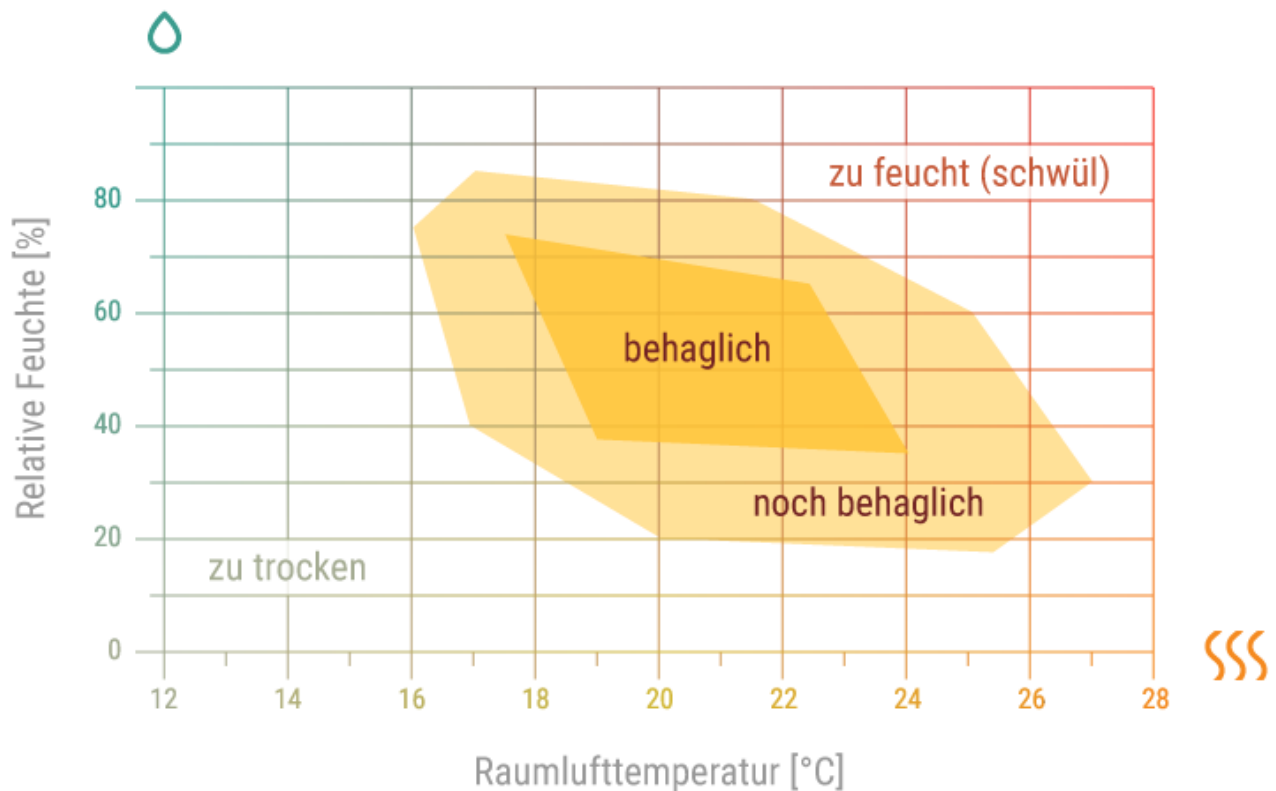


Abbildung 5 Diagramm Raumtemperatur

6.4 NDIR-Sensoren

NDIR (nichtdispensiver Infrarotsensor ist ein Optischer Sensor. Die wichtigsten Bestandteile eines NDIR Sensors sind die Infrarotquelle, die eine Röhre (Küvette) mit dem zu analysierenden Gas durchstrahlt, ein Wellenlängenfilter und ein Infrarot-Detektor. Die Konzentration des Vorhandenen Gas wird elektro-optisch über das Ausmass der Absorption einer spezifischen Wellenlänge im infraroten Spektrum gemessen. Der Filter muss so gewählt sein, dass er nur ein sehr schmales Spektrum der Lichtquelle durchlässt. Die Frequenz wird so gewählt, dass das Licht von den Molekülen des zu untersuchenden Gases absorbiert wird.

Der Sensor verfügt über eine zweite Röhre, in welcher sich ein eingeschlossenes Referenzgas befindet. Also eine Messküvette und eine Referenzküvette in einem System integriert. [4]

7 Lösungsoptionen

7.1 Temperatursensor TMP36

Als Temperatursensor wurde der TMP36 von Analog Devics in Betracht gezogen. Hierbei handelt es sich um einen Linearen Temperatursensor. Eine Temperaturänderung von einem Grad Celsius entspricht einer Änderung von 10mV am Ausgangspin Vout. Der Vout Pin wird somit auf einen ADC Pin des Mikrokontrollers verbunden. [5]

7.2 Luftfeuchtigkeits- und Temperatursensor DHT11

Mit dem DHT11 Sensor ist es möglich die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit zu messen. Die Temperatur ist messbar in einem Bereich von 0-50°C mit einer Genauigkeit von 2°C. Der sensor benötigt 2 Sekunden, um den Wert zu aktualisieren. Die Werte können über einen Single-Wire-Bus ausgelesen werden. Das Auslesen dauert ca 4ms. [6]

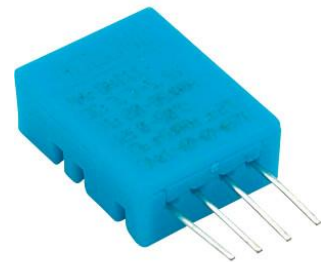


Abbildung 6 DHT11

7.3 SCD30

Beim SCD30 Handelt es sich um ein Sensor Modul, welches CO₂, Luftfeuchtigkeit und einen Temperatur Sensor beinhaltet. Die Werte können über verschiedene Schnittstellen ausgelesen werden einerseits UART und auch I2C. Die Adresse des I2C-Busses ist 0x61. [7]

Physical quantity	Conversion formula	Units	Range
CO ₂ concentration $c(\text{CO}_2)$	$c(\text{CO}_2) = S_{c(\text{CO}_2)}$	ppm	0 – 10000
Temperature T	$T = S_T$	°C	-40 – 125°C
Relative humidity RH	$RH = S_{RH}$	%RH	0 – 100

Tabelle 3 Messbereich SCD30

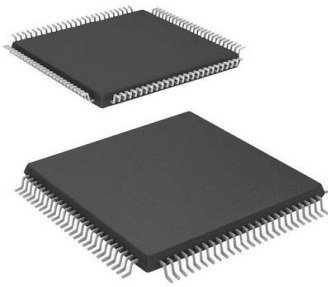
Der CO₂ Sensor funktioniert nach dem NDIR Prinzip. Dabei wird von der Tatsache gebrauch gemacht, dass CO₂ Moleküle Infrarotstrahlung im Bereich von 4.3 µm absorbieren. Andere Gasmoleküle absorbieren diesen Wellenbereich des Lichtes fast nicht.

Der Sensor verfügt über eine innere Infrarotquelle welche Licht aussendet. Gegenüber befindet sich ein Sensor, welcher die Strahlenintensität im Bereich von 4.3 µm misst. [8]

7.4 RTC DS1307

Bei der Echtzeit Uhr wurde der DS1307 in Betracht gezogen, welcher sich schon in anderen Projekten als zuverlässig erwiesen hat. Hierbei handelt es sich um einen Serielle-Ansteuerbaren RTC. Welcher Sekunden, Minuten, Stunden, Tage, Monat und Jahr zum Auslesen verfügbar ist. Nach einmaligem Programmieren kann er über eine zusätzliche Batterie gespiesen werden, und die Zeit wird weiter gezählt, auch wenn die Speisung von der Restlichen Steuerung entfernt wird. Er wird über I2C angesteuert und kann mit der Adresse 0x68 angesprochen werden. Der RTC ist in einem 8-Pin SOIC oder 8-Pin DIP Gehäuse [9]

7.5 Mikrokontroller ATMEGA2560



Der ATMEGA2560-16U ist ein 8Bit AVR Mikrokontroller. Dieser ist auch auf dem Arduino Mega Development Board verbaut. Er wird mit 5V gespeisen. Er verfügt über diverse Schnittstellen

- EBI/EMI
- I²C
- SPI
- UART/USART

Abbildung 7 ATMEGA2560

Es stehen 86 Digitale/Analoge IOs zur Verfügung.

Der Kontroller kann über einen ISP Header programmiert werden.

Der Vorteil wäre das mit Hilfe des Atmel-AVR Debugger auch bei Fehlern die Software Schritt für Schritt analysiert werden kann. [10]

7.6 Arduino MEGA

Das Arduino Mega ist ein Entwicklungsboard welches ganz einfach mit der Hilfe der Arduino IDE programmiert werden kann. Wie schon erwähnt besitzt es auch den ATMEGA2560 Kontroller. Somit sind gleichviele Schnittstellen und IOs verfügbar. [11]

Das Board wird über eine USB-Serielle Schnittstelle programmiert. Was einen zusätzlichen AVR-Debugger ersparen würde. Allerdings kann man mit der Arduino IDE die Software nicht debuggen.

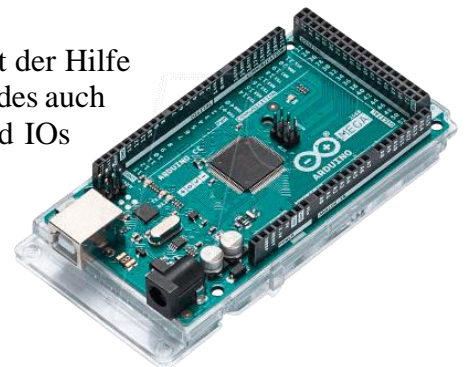
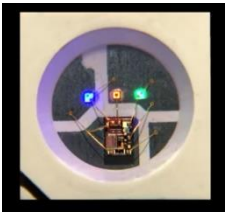


Abbildung 8 Arduino MEGA

7.7 LEDs WS2812B

Die WS2812B ist nicht nur eine LED. Sie hat im Gegensatz zur konventionellen LED einen integrierten Schaltkreis. Das ermöglicht eine grössere Vielfalt an Lichtdesignes. Die WS2812B wird mit 5V gespeisen.



Da es eine RGB LED ist verfügt sie über drei verschiedene Pixel. Jedes dieser Pixel verfügt über 256 Helligkeitsstufen. Die LED verfügt über vier Pins (DIN; DOUT, 5V, GND). Mit der einschalt Dauer der DIN-Leitung werden die Farbwerte eingestellt. Der Speicher einer LED ist 24bit (8bit Rot, 8bit Grün, 8bit Blau). Das bedeutet es sind 24 Zeit-Zyklen nötig, um den Farbwert einer LED einzustellen. [12]

Abbildung 9
WS2812B

Sequence chart:

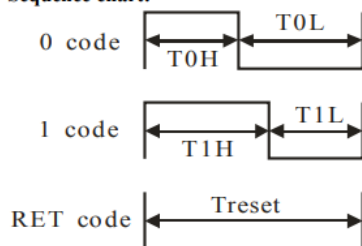


Abbildung 10 Timing
WS2812B

Data transmission method:

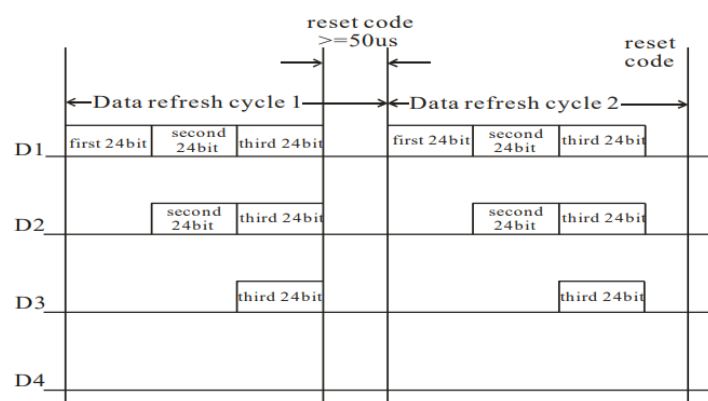


Abbildung 11 Ansteuerung WS2812B

7.8 Display PCD8544

Das PCD8544 ist ein LCD-Display, welches beim Nokia 5110 verwendet wurde. Die Auflösung des Displays ist 48x84 Pixel. Also es besitzt 48 Reihen und 84 Spalten Diese werden über einen SPI-Bus angesteuert



Abbildung 12 Display
PCD8544

7.9 Programmierumgebung

Bei den Programmierumgebungen stehen zwei Optionen zur Auswahl. Die Arduino IDE und das Microchip Studio

7.9.1 Arduino IDE



Die Arduino IDE ist eine Opensource Software zum Programmieren von Arduino-Boards. In der Arduino IDE stehen Bibliotheken zur Verfügung, welche das Programmieren deutlich vereinfachen. Es ist zu fast jedem Bauteil eine Bibliothek vorhanden.

Es ist allerdings nicht möglich den Code zu Debuggen, was bei Problemen mit dem Code die Fehler suche erschwert.

Abbildung 13
Arduino IDE

7.9.2 Microchip Studio



Microchip Studio ist eine Entwicklungsumgebung für die Entwicklung und das Debuggen von AVR und SAM Mikrocontrollern. Es ist auch möglich Arduino sketches zu importieren, und somit die Bibliotheken der Arduino IDE zu verwenden. Allerdings ist der Converter noch nicht komplett ausgetestet und es kann zu Problemen kommen

Abbildung 14
Microchip Studio

7.10 Setzen von Grenzwerten

Es gibt mehrere Optionen für das Setzen der Grenzwerte für die Temperatur, Luftfeuchtigkeit und den Kohlenstoffdioxid Wert.

7.10.1 Raumspezifische-Profile

Eine Möglichkeit ist, Raumspezifische Profile festzulegen, welche mit Hilfe der Taster umgeschaltet werden könnten. Somit müssten verschiedene Raumzustände gespeichert werden.

7.10.2 Einfaches Raumprofil

Eine andere Möglichkeit ist es einfach Grenzwerte zu Beginn der Software zu definieren welche fix sind und vor jedem Raumwechsel neu angepasst werden müssen werden müssen.

7.10.3 Arbeiten mit RTOS

Eine weiterer interessanter Punkt wäre die Software mit einem Real Time Operating System zu erarbeiten. Anstelle von dem normalen ablaufenden Programm.

8 Lösung

Bei der Hardware wurde mit dem SCD30 Sensor gearbeitet, welcher alle nötigen Werte zur Verfügung stellt, somit kann auf weitere Sensoren verzichtet werden und Platz gespart werden. Des Weiteren stellt der SCD30 alle Werte mit einem genügend grossen Bereich zur Verfügung.

Die LEDs und das Display waren schon festgelegt da die Hardware vor der Diplomarbeit gelayoutet wurde. Beim Controller wurde schlussendlich das Arduino MEGA Board verwendet. Es ermöglicht die einfachste Programmierung der Software. Dem entsprechend wurde die Arduino IDE verwendet. Es wurde entschieden die Grenzwerte fest zu definieren. Die Option mit einem Real Time Operating System zu arbeiten ergibt nicht gross Sinn, da der SCD30 Sensor sowieso nur alle zwei Sekunden ausgelesen werden kann.

Warum dieser Lösungsweg verwendet wurde wird in der Umsetzung Teils noch genauer beschrieben!

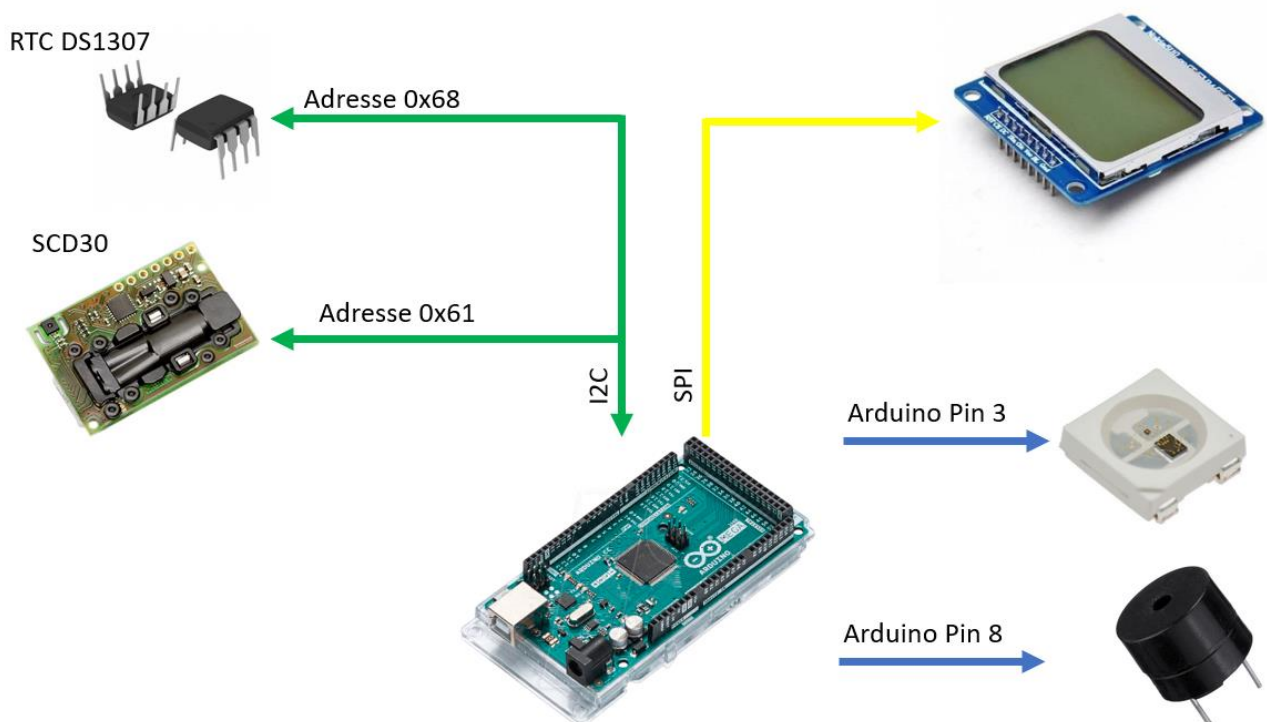


Abbildung 15 Aufbau Hardware

9 Umsetzung

9.1 Bestückung

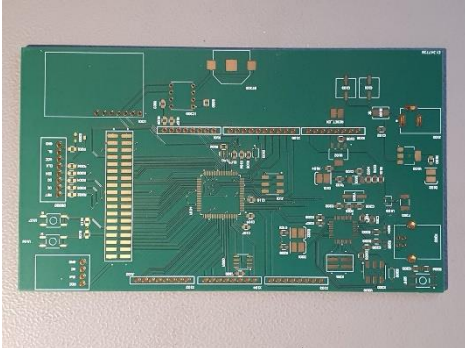


Abbildung 16 PCB 1 unbestückt

Bei dem PCB handelt es sich um einen Print mit vier Layer. Der grösste Teil der Komponenten sind SMD Komponenten. Die Kondensatoren und Widerstände wurden in der grösse 0805 gewählt.

Die grösste Schwierigkeit ist das Lötten des Controllers ATMEG2560-16U da der Pin abstand nur 0.5mm beträgt.

Beim Bestücken der Printplatte wurde festgestellt, dass die LEDs und der Summer bei der Vorbereitung der Diplomarbeit auf dem Schema und Layout vergessen wurden.

9.2 Inbetriebnahme PCB V1

Bei der Inbetriebnahme des PCBs kommt ein Fehler in der Schaltung zu Vorschein, Dieser hat zur Folge, dass die 5V Speisung bei der Versorgung über USB nur 4.3V ist. Dies reicht für die Ansteuerung einiger Komponenten nicht aus. Nach einigen Messungen konnte der Fehlerbereich auf einige Komponenten eingeschränkt werden. Da leider die nötigen Messmittel nicht vorhanden waren wird entschieden ein Re-Design des PCBs ohne den Bereich wo sich der Fehler befindet zu erstellen, da dieser Teil der Schaltung nicht unbedingt nötig ist.



Abbildung 17 PCB 1 bestückt

9.3 Re-Design

Da bei der Vorbereitung der Arbeit auf dem PCB die LEDs und der Summer vergessen wurde und bei der Inbetriebnahme noch weitere Fehler aufgetaucht sind, wird entschieden ein Re-Design des PCBs zu erstellen. Bei dem Re-Design wird die Steuerung überarbeitet, und es sind nur noch die Wichtigsten Komponenten auf dem Design vorhanden. Das neue PCB beschränkt sich auf Mikrokontroller, Sensoren, RTC und die Ausgabeelemente. Es ist auch keine Speisung über USB mehr auf dem PCB verfügbar. Rein die Speisung über einen Power Jack Stecker ist noch möglich.

9.3.1 Power

Das PCB kann über einen Power Header von 6.3V-18V gespiesst werden. Diese Spannung wird über einen Linearen Spannungsregler auf 5V gewandelt

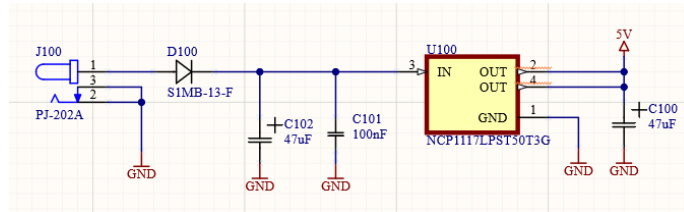


Abbildung 18 5V Speisung

Für die 3,3 Volt Speisung wird derselbe Lineare Spannungswandler verwendet wie bei der ersten Version des PCBs und da sich der LDO auch schon bei vorderen Projekten als zuverlässig gezeigt hat.

9.3.2 GPIOs

Alle IOs des Controllers werden auf Stiftleisten geführt, zum Messen der Signale und für allfällige Modifikationen.

Das PCB ist in mehrere Zonen unterteilt. Power, Verarbeitung (Mikrokontroller), Sensoren und Eingabelemente und dann noch die Anzeige

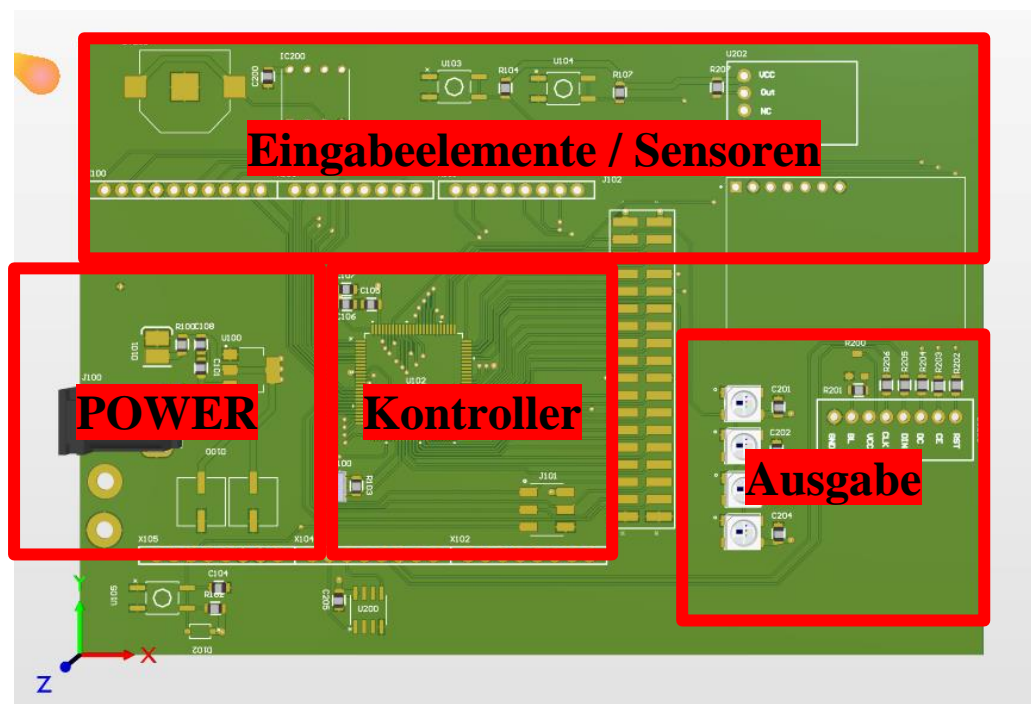


Abbildung 19 PCB Strukturierung

Das neue PCB ist nur noch auf 2 Layer, somit sind bei allfälligen vorhandenen Problemen alle Leiterbahnen einfach modifizierbar.

9.3.3 Leiterplatte

Die Leiterplatte wurde nach den Design Regeln von Eurocircuit erstellt, wo die PCB's auch bestellt und hergestellt wurden.

Da ein zweilagiger Print erstellt wird, wird der Standard Layer Stack nach Vorgaben von Eurocircuit verwendet.

	Top Overlay		Overlay			
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01016mm	3.5
1	Top Layer		Signal	1oz	0.018mm	
	Dielectric 1	FR-4	Dielectric		1.55mm	4.8
2	Bottom Layer		Signal	1oz	0.018mm	
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask		0.01016mm	3.5
	Bottom Overlay		Overlay			

Abbildung 20 Layer Stack

9.4 Inbetriebnahme Re-Design

Bei der Inbetriebnahme des Re-Design wurden wieder zuerst die Spannungen und die Stromaufnahme kontrolliert. Die 5V Spannung ist vorhanden und es ist keine zu hohe Stromaufnahme festzustellen.

9.4.1 Inbetriebnahme Mikrokontroller

Für die Inbetriebnahme des Mikrokontrollers wurde versucht via AVR-Debugger die Kommunikation mit dem Mikrokontroller zu erfassen. Was auch funktionierte.

Für die weitere Inbetriebnahme der Hardware war es nötig die Sensoren anzusteuern. Das bedeutet das eine Software auf den Kontroller geladen werden musste.

9.4.1.1 Import von Sketch Dateien

Während der Arbeit wurde versucht die Sketch Dateien der Arduino IDE in das Microchip Studio zu Konvertieren. Leider stellte sich nach mehreren Stunden heraus das die Funktion von Microchip Studio noch nicht komplett ausgereift ist.

Es stellte sich heraus, dass wenn Bereits weitere Funktionen im Sketchfile geschrieben wurden, dass der Code nicht mehr sauber konvertiert wird.

Der nächste Versuch war es einen Sketch zu importieren welche nur die verwendeten Bibliotheken und die GPIOs initialisiert hatte. Die Konvertierung funktionierte soweit. Allerdings werden nicht alle Bibliothek gefunden. Nach dem dann Manuel der Pfad zu Bibliothek hinterlegt wurde, konnte die Bibliothek gefunden werden. Doch dann war die nächste Bibliothek das Problem. Nach mehreren Tagen versuchen die Sketchdateien sauber einzubinden wurde entschieden auf das Arduino Mega Entwicklungsboard zu wechseln. Somit war das Debuggen des Codes nicht mehr möglich, dafür konnten alle Bibliotheken von Arduino verwendet werden. Es war auch nicht genügend Zeit und Programmiererfahrung vorhanden alle Bibliotheken selbst zu schreiben.

9.5 Arduino MEGA

Für das Umsteigen auf das Arduino Mega musste der bereits gelötete Controller entfernt werden und die Pins der Sensoren und der Anzeige mit Kabeln auf das Arduino Mega verdrahtet werden. Es wurde ein Flachbandkabel verwendet mit verschiedenen farbigen Litzen. Die Pin-Anordnung auf dem Arduino Mega ist nicht dieselbe wie auf dem Umgebungssensor-PCB.

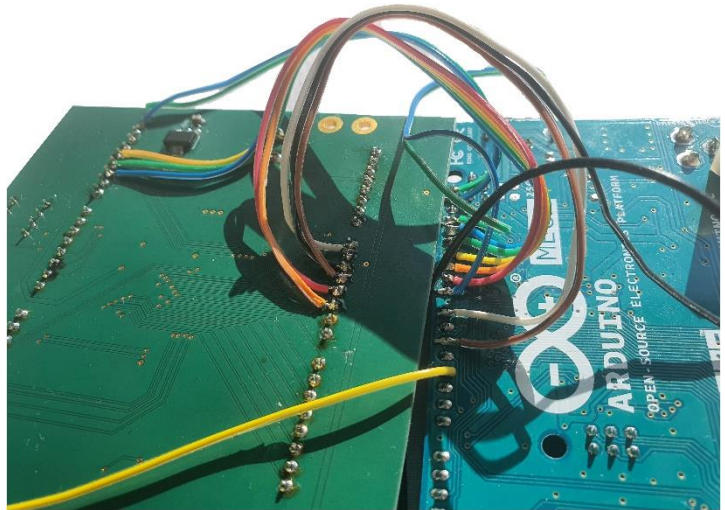


Abbildung 21 Verdrahtung Arduino MEGA

9.5.1 Pin-Zuordnung

Schnittstelle/Komponente	Arduino MEGA	Umgebungssensor PCB
I2C	SDA	SDA
I2C	SCL	SCL
Display	9	LCD_CLK (Clock)
	10	LCD_DIN (Data IN)
	11	LCD_DC
	12	LCD_CE (Chip Selct)
	13	LCD_RST (Reset)
LED_WS2812B	3	LED_Out
Summer	8	PH6

Tabelle 4 PIN-Anordnung Arduino MEGA

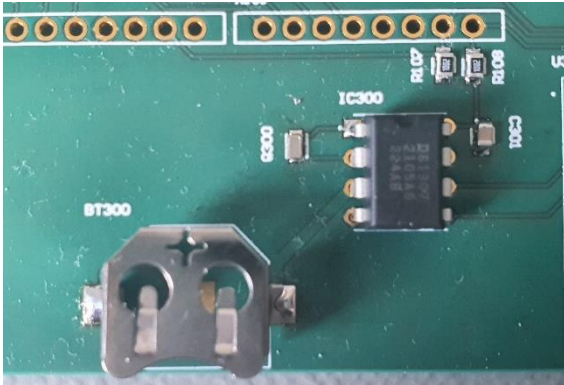


Abbildung 22 RTC

9.6 Inbetriebnahme und Ansteuerung RTC

Der Real Time Clock wird über I2C angesteuert. Für die erste Ansteuerung wird ein Beispiel aus dem Arduino Studio verwendet. Im Beispiel wird die aktuelle Uhrzeit in den RTC geschrieben. Anschliessend wird die Zeit ausgelesen und über USB im Seriellen Monitor der Arduino IDE dargestellt. Zusätzlich wurde das Signal auf dem I2C Bus mit einem Oszilloskop ausgelesen und überprüft.

9.7 Inbetriebnahme und Ansteuerung SCD30

Beim SCD30 Sensor Modul wurde nach demselben Prinzip wie bei dem RTC gearbeitet. Auch dieser wird über I2C angesteuert. Auch hier wurde mit einem Beispiel aus einer Arduino Bibliothek gearbeitet. Das Signal wurde auch hier mit einem Oszilloskop analysiert. Auch hier wurden die Ausgelesenen Werte in der Konsole von Arduino überprüft.



Abbildung 23 SCD30

9.8 Inbetriebnahme Display PCD8544

Für die des Displays wurde eine Optische Kontrolle durchgeführt. Mit Hilfe einer Arduino Library wurden alle Pixel des Displays angesteuert und verschiedene Muster dargestellt. Für die Ansteuerung des Displays wurde die Adafruit_PCD8544.h Bibliothek verwendet.

9.9 Inbetriebnahme LEDs WS2812B

Die LEDs WS2812B wurden schon in einer anderen Semesterarbeit verwendet. Auch hier wurde eine optische Kontrolle durchgeführt. Allen LEDs wurde die Werte für Weiss übergeben. So konnte festgestellt werden ob alle Pixel der LEDs funktionieren. Zur Ansteuerung der LEDs wurde mit der FastLed.h Bibliothek gearbeitet.

9.10 Statusanzeige

Die Grenzwerte für die Status Anzeigen, wurden festdefiniert, da der Umgebungssensor fest in einem Raum bleibt und nicht von Raum zu Raum wechselt. So werden die Grenzwerte fix auf einen spezifischen Raum definiert.

Die Werte wurden während der Diplomarbeit für ein normales Wohnzimmer definiert. In den folgenden Tabellen ist ersichtlich bei welcher Temperatur welche Farbe angezeigt wird

9.10.1 CO2

CO2 Wert ≤ 1600 ppm	1600 ppm < Wert < 5000ppm	Wert ≥ 5000 ppm

- Wenn sich der Wert unterhalb von 1600 ppm herrscht gute Luft im Raum.
- Wenn der Wert sich zwischen 1600ppm und 5000ppm befindet sollte gelüftet werden.
- Wird der Wert von 5000ppm überschritten besteht schon eine Gefahr für die Gesundheit. Zusätzlich zur Roten LED ertönt über den Summer auch noch ein Alarmsignal. In einem Raum mit einer höheren Konzentration wird nur ein kurzer Aufenthalt empfohlen.

9.10.2 Luftfeuchtigkeit

Luftfeuchtigkeit $\leq 35\%$	$35\% <$ Luftfeuchtigkeit < 65%	Luftfeuchtigkeit $\geq 65\%$

- Die Rotefarbe signalisiert bei der Luftfeuchtigkeit, dass es im Raum zu trocken ist.
- Eine Luftfeuchtigkeit im grünen Bereich ist optimal.
- Wenn der Blaue Bereich erreicht wird und über längere Zeit bleibt besteht die Gefahr von Schimmelbildung.

9.10.3 Temperatur

Temperatur $\leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} <$ Luftfeuchtigkeit < 30°C	Luftfeuchtigkeit $\geq 30^{\circ}\text{C}$

Die Temperaturbereich habe ich nach meinem Wohlbefinden eingestellt, da das Temperaurempfinden von Mensch zu Mensch unterschiedlich ist.

10 Wirtschaftlichkeit

Da es sich hier um ein Privates Projekt handelt, war die Wirtschaftlichkeit des Projektes nicht wichtig. Für die Erstellung die Prototypen wurde eine Kurze Tabelle mit den Kosten zusammengestellt.

Bauteil	Kosten CHF
Bauteile auf Printplatte	Ca.100.-
PCB	35.24
Arduino MEGA	32.15
Total	167.39

Die Berechnungen der Preise beziehen sich auf ein komplett bestücktes PCB. Während dem Projekt wurde Material für mehrere PCBs bestellt, und auch neben dem ersten auch noch ein zweites PCB gefertigt, somit sind die Kosten der Diplomarbeit höher.

11 Zielkontrolle

11.1 Prototyp Fertigen & Bestücken

Während der Arbeit wurden zwei Prototypen bestückt. Nachdem die Inbetriebnahme des ersten Prototypen gescheitert ist, wurde eine zweiter Prototyp gelayoutet und Bestückt. Im Verlauf der Arbeit wurden am zweiten Prototypen Modifikationen vorgenommen. Das Ziel wurde dennoch erreicht.

11.2 Inbetriebnahme Hardware

Die Hardware wurde nach einigen Modifikationen erfolgreich in Betrieb genommen und es wurde ein Inbetriebnahmeprotokoll erstellt

11.3 Code in C++

Der Code wurde im Arduino Studio geschrieben. Die Bibliotheken, welche verwendet wurden sind basieren auf der Sprache C++.

11.4 Auslesen der Sensor Werte

Die Werte der Sensoren konnten erfolgreich ausgelesen werden. Zu Beginn wurden diese in der Konsole der Arduino IDE Angezeigt später dann auf dem Display

11.5 Auslesen und unterscheiden von CO2 Werten

Die Werte wurden erfolgreich unterschieden und dem entsprechend auf einer Status LED und dem Summer ausgegeben.

11.6 Anzeige der Werte auf dem Display

Die Werte werden erfolgreich und leserlich auf dem Display dargestellt.

11.7 Zustandsanzeige auf RGB LEDs

Es ist eine saubere Zustands Anzeige realisiert worden, welche je nach Raum in der Software angepasst werden kann

11.8 Ausgabe eines Warntons bei höheren CO2-Werten

Der Summer ist erfolgreich angesteuert worden. Es wird sobald ein kritischer Co2-Wert erreicht wird ein Warnton ausgegeben.

11.9 Regelmässiges aus lesen der Werte.

Der Sensor aktualisiert die Werte intern nur alle 2 Sekunden. Deshalb wurde dieser Punkt nur Teils erreicht. Die Werte werden öfter ausgelesen als sie auf dem Sensor aktualisiert werden.

11.10 Kann Ziele

Die Kann Ziele wurden nicht ausgeführt. Während der Arbeit konnte kein Passendes Gehäuse aufgetrieben werden.

Das Umstellen der Sommer/Winterzeit wurde während der Arbeit auch nicht realisiert.

12 Fazit

Die Diplomarbeit war eine intensive, aber auch eine interessante Zeit. Ich bin mit meinem Fachwissen in der Programmierung an meine Grenzen gestossen und konnte das Projekt nicht wie am Anfang geplant im Microchip Studio durchführen. Ich habe bei den Versuchen die Arduino Sketch Dateien ins Arduino Studio zu integrieren viel dazugelernt. Die Programmierung im Arduino Studio ist am Schlussendlich relativ kurz ausgefallen.

In einem nächsten Projekt würde ich mich schon vor der Arbeit damit befassen, wie es möglich ist Bibliotheken in Microchip Studio zu erstellen oder diese entsprechen von der Arduino IDE zu konvertieren.

Durch das Re-Design des PCBs und das Nachbestellen habe ich einige Tage an Zeit verloren. Das hatte zur Folge, dass ich bei der Bestückung und Inbetriebnahme des Prototyps deutlich hinter dem Zeitplan war.

Während der Zeit in welcher das PCB geliefert wurde, konnten dann bereits Zeit in die Software investiert werden.

Während der Arbeit konnte ich gelernte Sachen der Programmierung wieder anwenden und auffrischen. Die Arbeit werde ich nach der Diplomarbeit weiterführen und sie auf dem ursprünglich geplanten Mikroprozessor auf dem PCB programmieren. Auch auf der Seite der Hardware gibt es noch einige Punkte, die verbessert werden können. Es wird auf dem PCB noch die Ansteuerung der Displaybeleuchtung überarbeitet werden, dass diese über einen Transistor ausgeschaltet werden kann. Falls sich der Umgebungssensor in einem Schlafzimmer befindet kann die Beleuchtung dann komplett ausgeschaltet werden.

In der nächsten Arbeit werde ich versuchen die Probleme direkt zu dokumentieren und nicht erst am Schluss beim Schreiben der Dokumentation. Es war schwierig die Probleme zwei drei Wochen später noch genau zu beschreiben.

Es war schlussendlich trotz einiger Modifikationen möglich das Projekt erfolgreich in Betrieb zu nehmen und den ersten Prototypen zu erstellen.

14 Abkürzungen

Abkürzung	Ausgeschrieben
RGB	Red, Green, Blue
LED	Light Emitting Diode
HW/SW	Hardware/Software
USB	Universal Serial Bus
I/O	Input/Output
GPIO	General Purpose Input/Output
MCU	Mikro Controller Unit
z.B.	Zum Beispiel
GND	Ground/Masse
ADC	Analog-Digital-Converter
V	Volt (Spannung)
PCB	Printed Circuit Board (Print)
IDE	Integrated Development Environment
THT	Through-Hole Technology
SMD	Surface-Mounted Device
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
I ² C	Inter-Integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface

15 Quellenverzeichnis

- [1] „www.cik-solutions.com,“ [Online]. Available: <https://www.cik-solutions.com/anwendungen/co2-im-innenraum/>. [Zugriff am 25 10 2021].
- [2] „www.inventer.de/,“ [Online]. Available: <https://www.inventer.de/wissen/luftqualitaet-gesundheit/luftfeuchtigkeit-in-wohnraeumen/>. [Zugriff am 25 10 2021].
- [3] „www.heizung.de,“ [Online]. Available: <https://heizung.de/heizung/wissen/alles-wissenswertezum-thema-optimale-raumtemperatur/>. [Zugriff am 25 10 2021].
- [4] [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/wiki/Nichtdispersiver_Infrarotsensor. [Zugriff am 27 10 2021].
- [5] „https://42project.net/,“ [Online]. Available: <https://42project.net/temperaturen-mit-dem-tmp36-und-arduino-messen/>. [Zugriff am 22 10 2021].
- [6] „mouser.com,“ [Online]. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>. [Zugriff am 22 10 2021].
- [7] „https://ch.rs-online.com/,“ [Online]. Available: <https://docs.rs-online.com/2d49/0900766b816b6f9d.pdf>. [Zugriff am 22 10 2021].
- [8] „www.glyn.de,“ [Online]. Available: <https://www.glyn.de/News-Events/Newsletter/Newsletter-2018/PCIM-Highlights-2018/CO2-in-der-Raumluft-zuverlaessig-messen>. [Zugriff am 26 10 2021].

- [9] „<https://www.sparkfun.com/>“, [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/DS1307.pdf>. [Zugriff am 22 10 2021].
- [10] „<https://www.conrad.ch/>“, [Online]. Available: https://www.conrad.ch/de/p/microchip-technology-atmega2560-16aur-embedded-mikrocontroller-tqfp-100-14x14-8-bit-16-mhz-anzahl-i-o-86-1267435.html?utm_source=google-shopping-de&utm_medium=search&utm_campaign=shopping-online-de&utm_content=shopping-ad_cpc&WT. [Zugriff am 22 10 2021].
- [11] „www.reichelt.com“, [Online]. Available: https://www.reichelt.com/ch/de/arduino-mega-2560-atmega-2560-usb-arduino-mega-p119696.html?PROVID=2808&gclid=CjwKCAjwwsmLBhACEiwANqtXPx5tFHeAuKfEXj9lvJJMGBGYZBCJwalAFkmFulG7EnCIHarEOsOohoC_hcQAvD_BwE. [Zugriff am 22 10 2021].
- [12] „<https://cdn-shop.adafruit.com/>“, [Online]. Available: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812B.pdf>. [Zugriff am 22 10 2021].
- [13] WORLDSEMI CO., «<https://composite-point-shop.de/>», 21 09 2020. [Online]. Available: <https://composite-point-shop.de/media/pdf/1d/bf/f5/WS2812B-LED.pdf>. [Zugriff am 21 09 2020].
- [14] WORLDSEMI CO., „<https://www.alldatasheet.com/>“, WORLDSEMI CO., 21 09 2020. [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/553088/ETC2/WS2812.html>. [Zugriff am 21 09 2020].
- [15] R. Components, „ch.rs-online.com“, 21 09 2020. [Online]. Available: [https://ch.rs-online.com/web/p/einbau-schaltnetzteile/7704049?cm_mmc=CH-PLA-DS3A--google--PLA_CH_DE_Stromversorgungen_%26_Transformatoren_Whoop--\(CH:Whoop!\)+Einbau-Schaltnetzteile--7704049&matchtype=&pla-475399708467&gclid=EAIAIQobChMInePVpZz66wIVlqmy](https://ch.rs-online.com/web/p/einbau-schaltnetzteile/7704049?cm_mmc=CH-PLA-DS3A--google--PLA_CH_DE_Stromversorgungen_%26_Transformatoren_Whoop--(CH:Whoop!)+Einbau-Schaltnetzteile--7704049&matchtype=&pla-475399708467&gclid=EAIAIQobChMInePVpZz66wIVlqmy). [Zugriff am 21 09 2020].
- [16] „www.digikey.ch“, 21 09 2020. [Online]. Available: <https://www.digikey.ch/product-detail/de/recom-power/RAC20-05SK/945-3190-ND/9356903>. [Zugriff am 21 09 2020].
- [17] „composite-point-shop.de“, 29 09 2020. [Online]. Available: <https://composite-point-shop.de/bauelemente-bauteile/elektronik-led/led-ws2812b-rgb/839/led-ws-2812c-rgb-5050?number=4251126141856>. [Zugriff am 29 09 2020].
- [18] „lsc.com“, 29 09 2020. [Online]. Available: https://datasheet.lsc.com/szlsc/1810231210_Worldsemi-WS2812C_C114587.pdf. [Zugriff am 29 09 2020].
- [19] Eurocircuits, „www.eurocircuits.de“, 23 09 2020. [Online]. Available: <https://www.eurocircuits.de/leiterplatten-design-guidelines/>. [Zugriff am 23 09 2020].
- [20] Digi-Key, „Kalkulator für Leiterbahnbreiten“, Digi-Key, 24 09 2020. [Online]. Available: <https://www.digikey.ch/de/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-pcb-trace-width>. [Zugriff am 24 09 2020].
- [21] S. Labs, „32 Bit MCU Übersicht“, [Online]. Available: <https://www.silabs.com/mcu/32-bit>. [Zugriff am 24 09 2020].
- [22] S. Labs, „Datenblatt EFM32TG11“, [Online]. Available: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/efm32tg11-datasheet.pdf>. [Zugriff am 23 09 2020].
- [23] „Datenblatt Längsregler“, [Online]. Available: www.microchip.com/mymicrochip/filehandler.aspx?ddocname=en011417. [Zugriff am 22 09 2020].
- [24] „Datenblatt Verbindungsstecker Buchse“, [Online]. Available: http://suddendocs.samtec.com/catalog_english/ssq_th.pdf. [Zugriff am 23 09 2020].

- [25] „Datenblatt Verbindungsstecker,“ [Online]. Available: http://suddendocs.samtec.com/catalog_english/tsw_th.pdf. [Zugriff am 23 09 2020].
- [26] „Datenblatt CAN Treiber,“ [Online]. Available: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005167C.pdf>. [Zugriff am 22 09 2020].
- [27] „Datenblatt Power Stecker,“ [Online]. Available: <https://www.cuidevices.com/product/resource/tbp01p1-508.pdf>. [Zugriff am 22 09 2020].
- [28] „Datenblatt Power Stecker Buchse,“ [Online]. Available: <https://www.cuidevices.com/product/resource/tbp01r2-508.pdf>. [Zugriff am 22 09 2020].
- [29] „Datenblatt Schaltnetzteil,“ [Online]. Available: <https://www.meanwell.com/Upload/PDF/RSP-320/RSP-320-SPEC.PDF>. [Zugriff am 22 09 2020].
- [30] „Datenblatt CAN Schalter,“ [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC74VHC1GT66-D.PDF>. [Zugriff am 23 09 2020].
- [31] „Datenblatt Level Shifter,“ [Online]. Available: https://assets.nexperia.com/documents/datasheet/74LVC_LVCH1T45.pdf. [Zugriff am 22 09 2020].
- [32] „AN0002.1,“ [Online]. Available: <https://www.silabs.com/documents/public/application-notes/an0002.1-efr32-efm32-series-1-hardware-design-considerations.pdf>. [Zugriff am 24 09 2020].
- [33] „Datenblatt Quarz,“ [Online]. Available: https://www.raltron.com/wp-content/uploads/2019/07/RH100_SERIES-July-2019.pdf. [Zugriff am 23 09 2020].
- [34] „Datenblatt Debug Stecker,“ [Online]. Available: http://suddendocs.samtec.com/catalog_english/fts.pdf. [Zugriff am 23 09 2020].
- [35] „CAN Bus,“ [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus. [Zugriff am 17 10 2020].
- [36] „Datenblatt Terminator Schalter,“ [Online]. Available: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC74VHC1GT66-D.PDF>. [Zugriff am 22 09 2020].

16 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zeitplan grober Ablauf	10
Abbildung 2 Hardwarekonzept	11
Abbildung 3 Flussdiagramm	12
Abbildung 4: Luftfeuchtigkeit Anzeige	15
Abbildung 5 Diagramm Raumtemperatur	16
Abbildung 6 DHT11	17
Abbildung 7 ATMEGA2560	18
Abbildung 8 Arduino MEGA	18
Abbildung 9 WS2812B	19
Abbildung 10 Timing WS2812B	19
Abbildung 11 Ansteuerung WS2812B	19
Abbildung 12 Display PCD8544	19
Abbildung 13 Arduino IDE	20
Abbildung 14 Microchip Studio	20
Abbildung 15 Aufbau Hardware	22
Abbildung 16 PCB 1 unbestückt	23
Abbildung 17 PCB 1 bestückt	23
Abbildung 18 5V Speisung	24
Abbildung 19 PCB Strukturierung	24
Abbildung 20 Layer Stack	25
Abbildung 21 Verdrahtung Arduino MEGA	27
Abbildung 22 RTC	28
Abbildung 23 SCD30	28

17 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 CO2 Raumluftqualität	14
Tabelle 2 Grenzwerte CO2.....	14
Tabelle 3 Messbereich SCD30.....	17
Tabelle 4 PIN-Anordnung Arduino MEGA.....	27

18 Eigenständigkeitserklärung

Arbeiten, die nachweisbar in vollen Umfang oder in den wesentlichen Teilen unverändert oder ohne korrekte Quellenangabe übernommen werden, gelten als vorfabriziert und werden nicht bewertet.

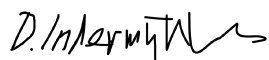
Ich bestätige, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst und alle benutzten Quellen gekennzeichnet habe. Diese Arbeit wurde weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits einer Prüfungskommission vorgelegt.

Name / Vorname:

Indermühle David

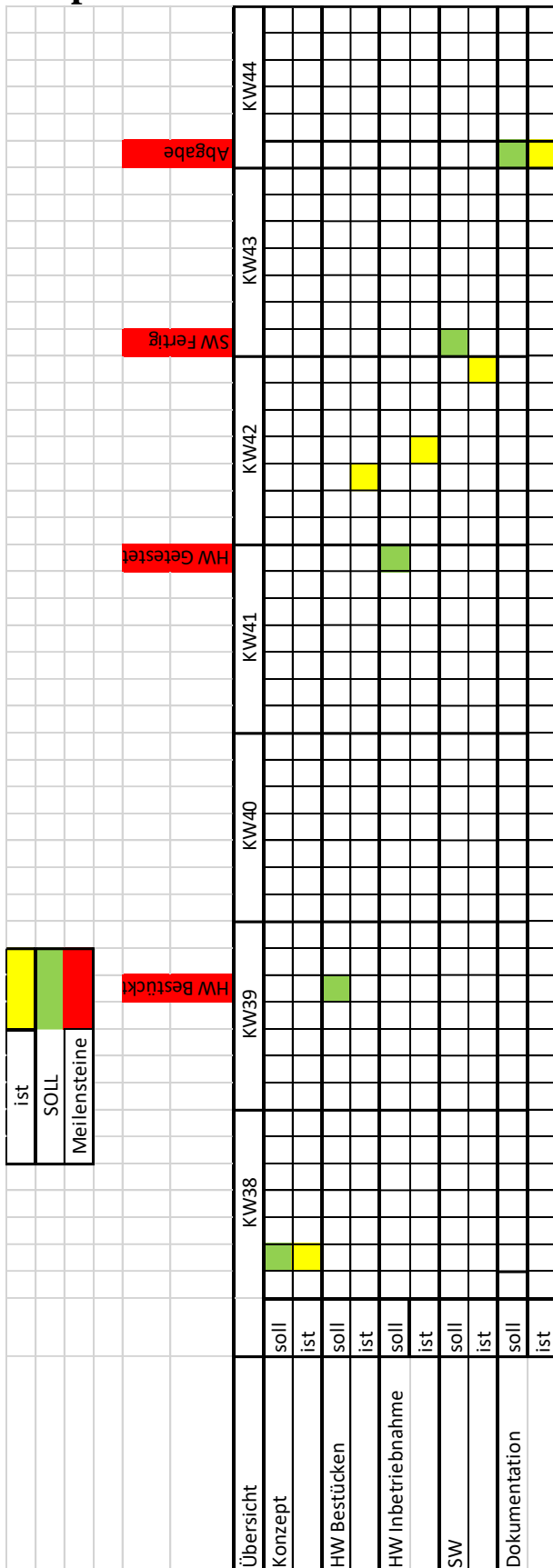
Ort / Datum / Unterschrift

Bern, 01.November, 2021

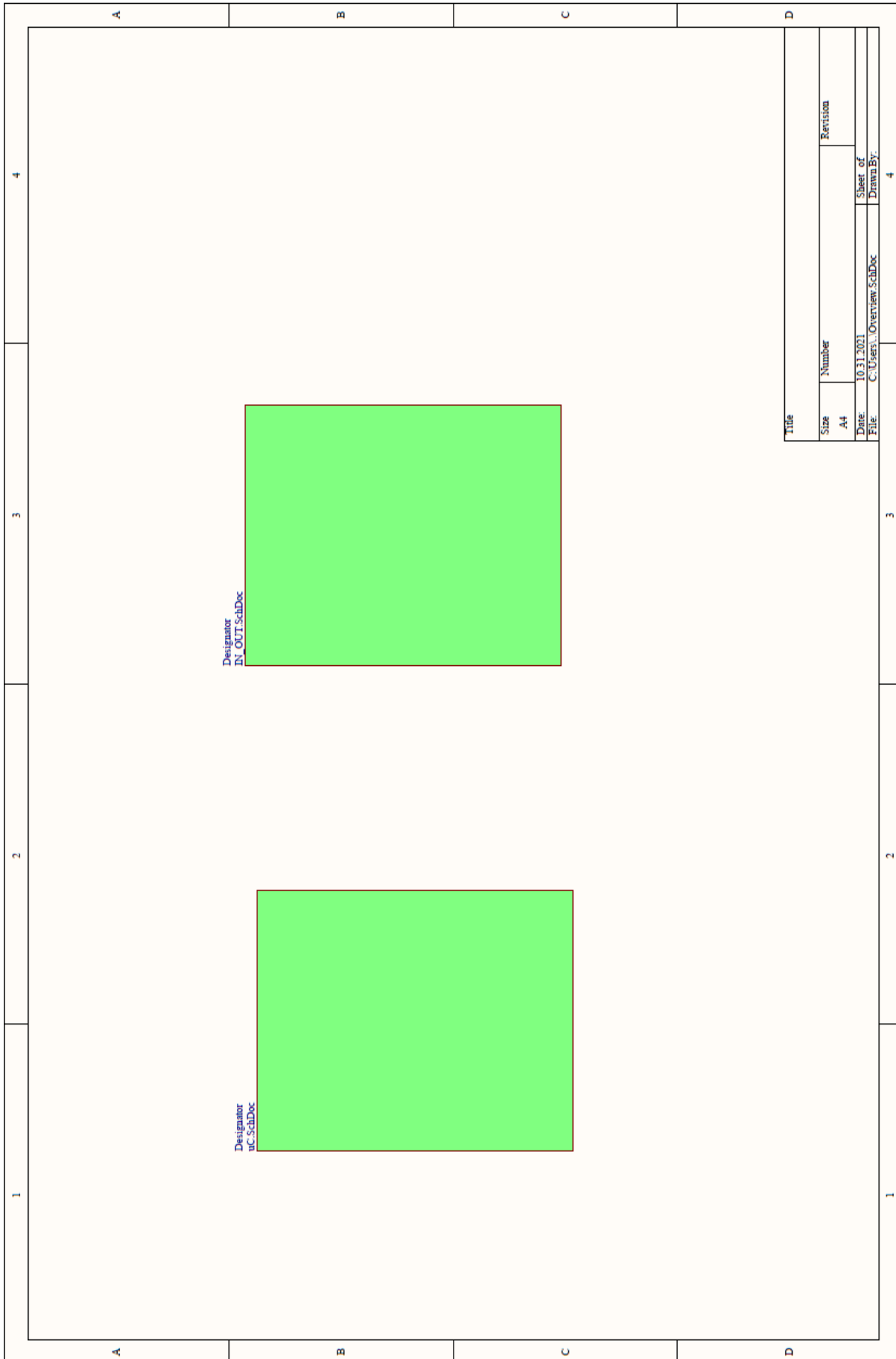


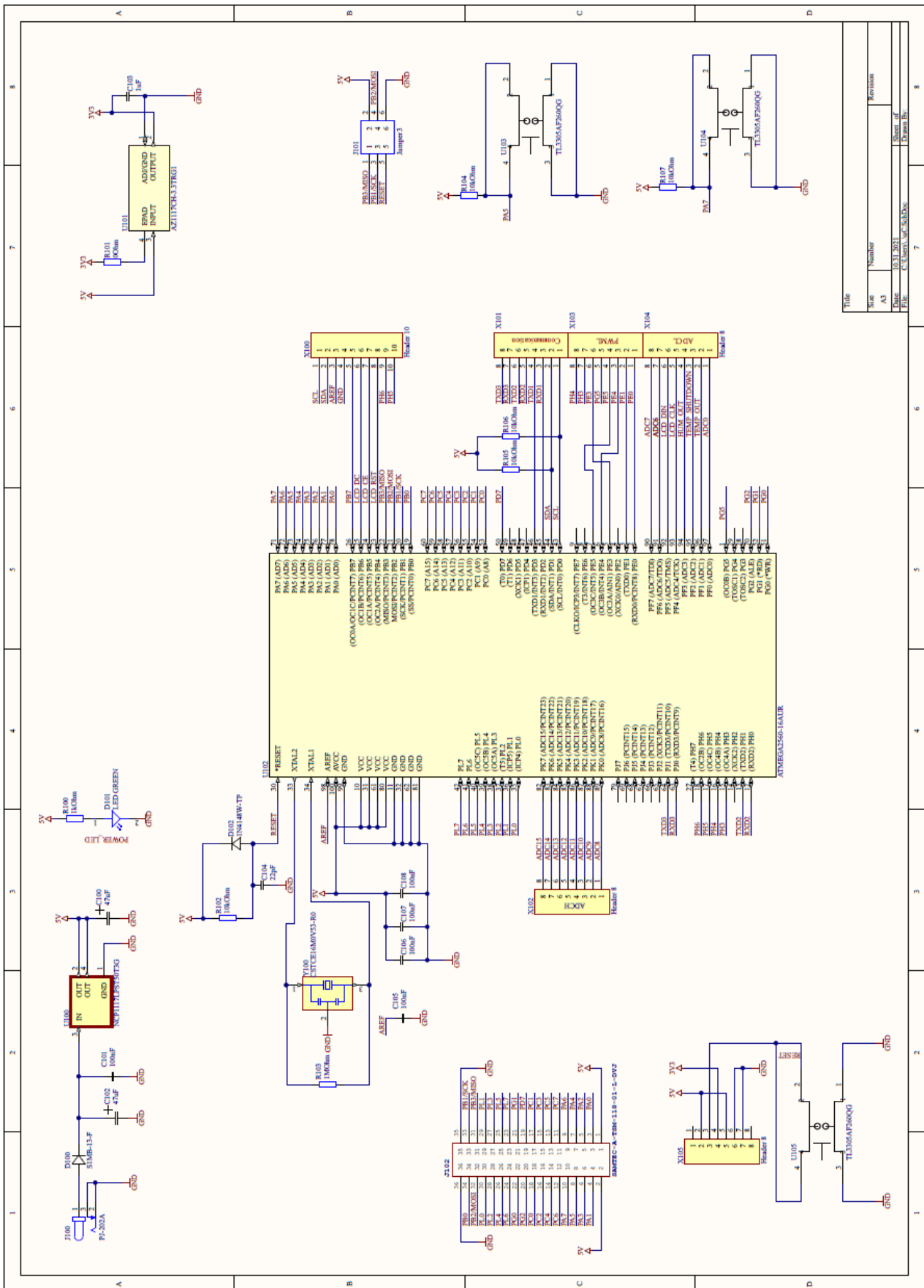
19 Anhang

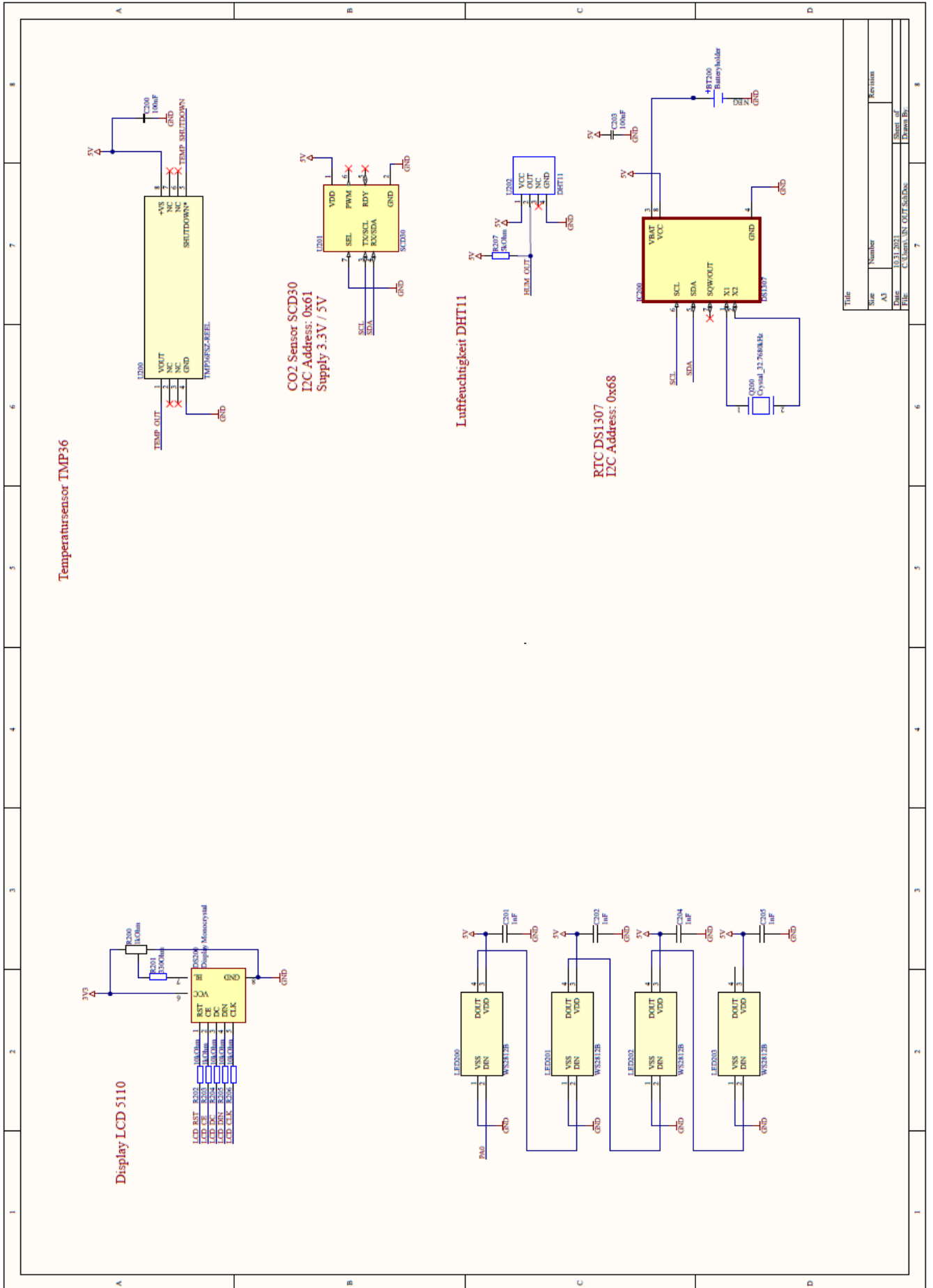
Zeitplan



Schema

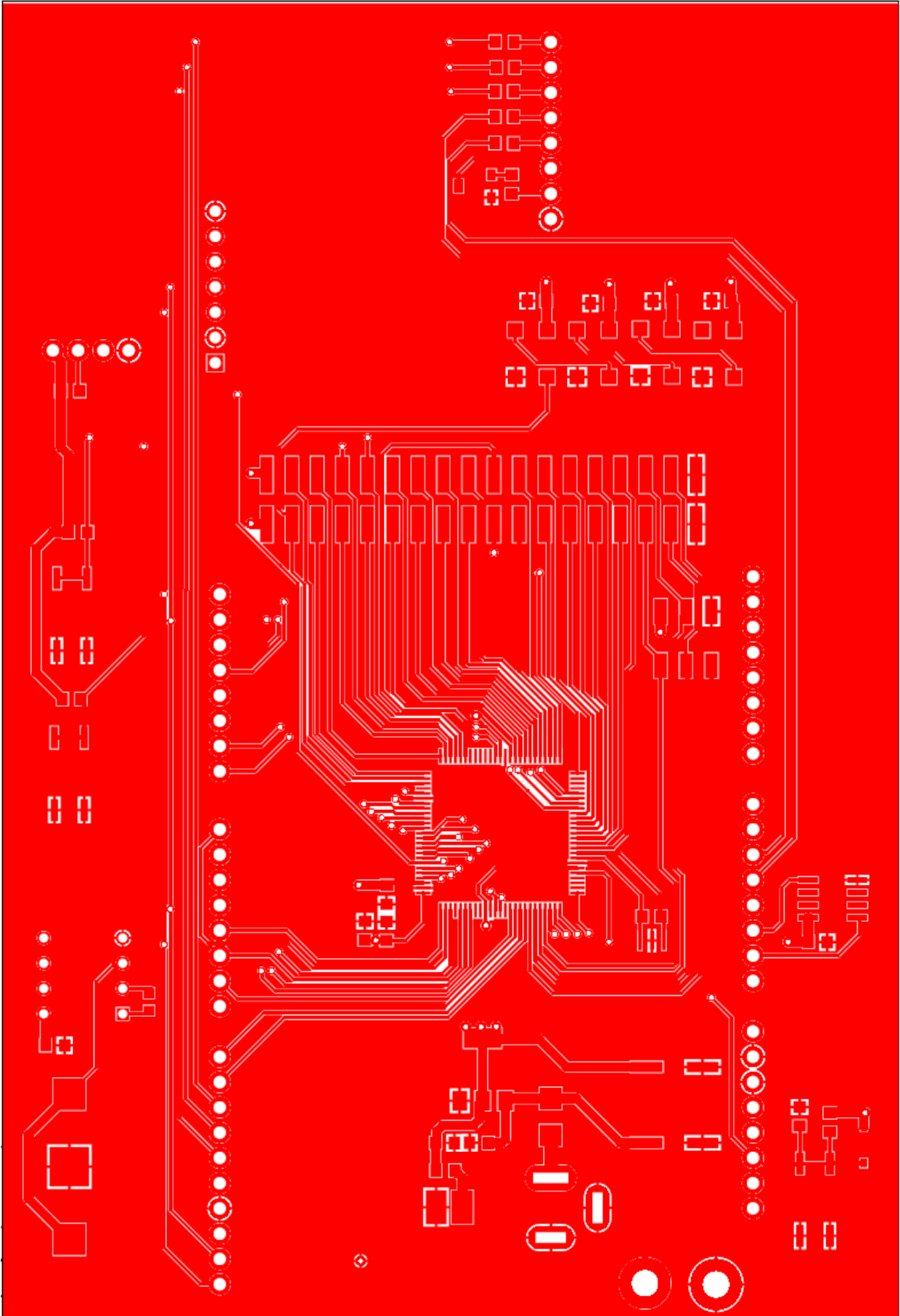




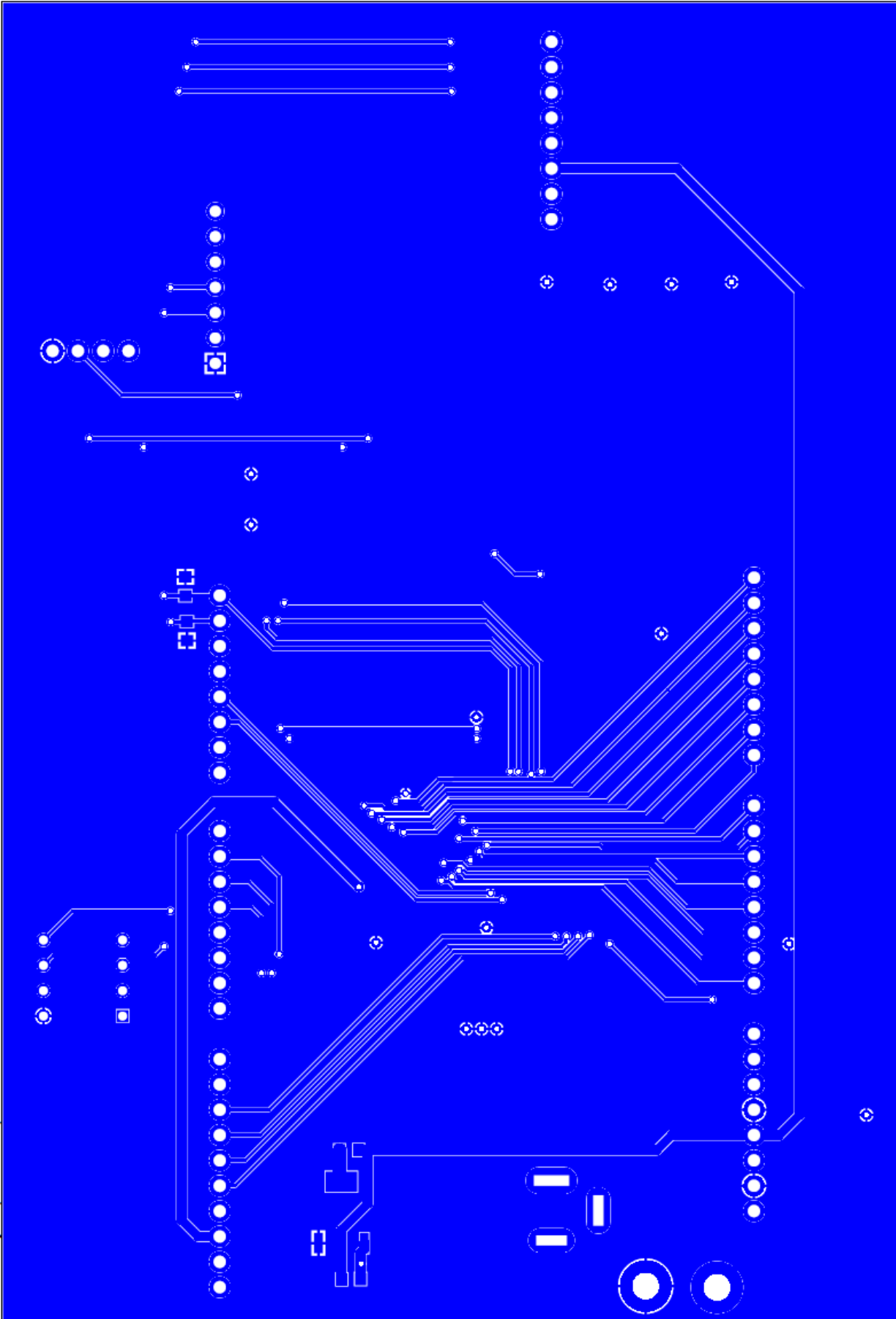


Title	
Size	Number
A3	Revision
Date	03.11.2021
File	C:\Users\VN\OUT\SD\Doc
Sheet of	8
Drawn By	

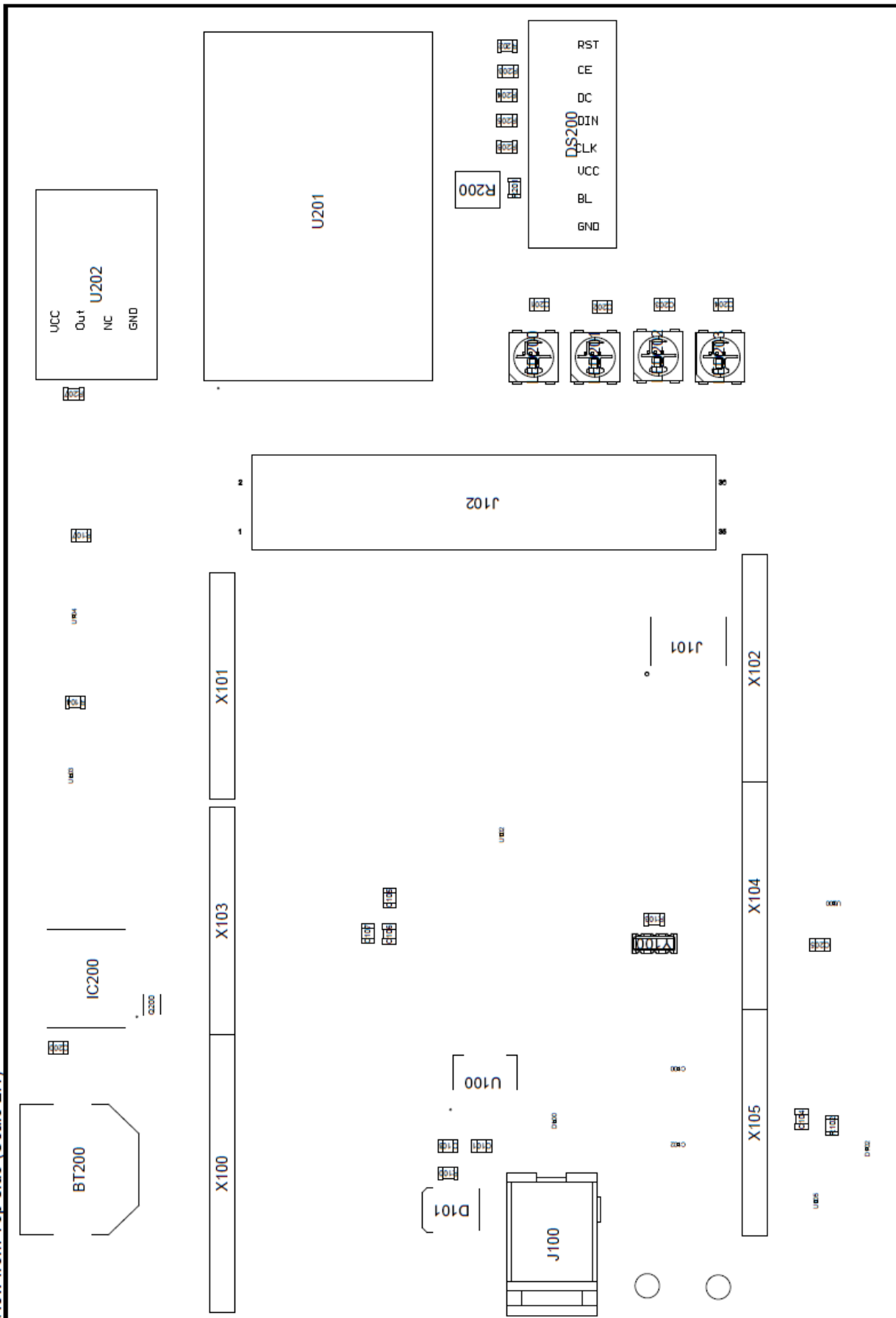
Layout TOP



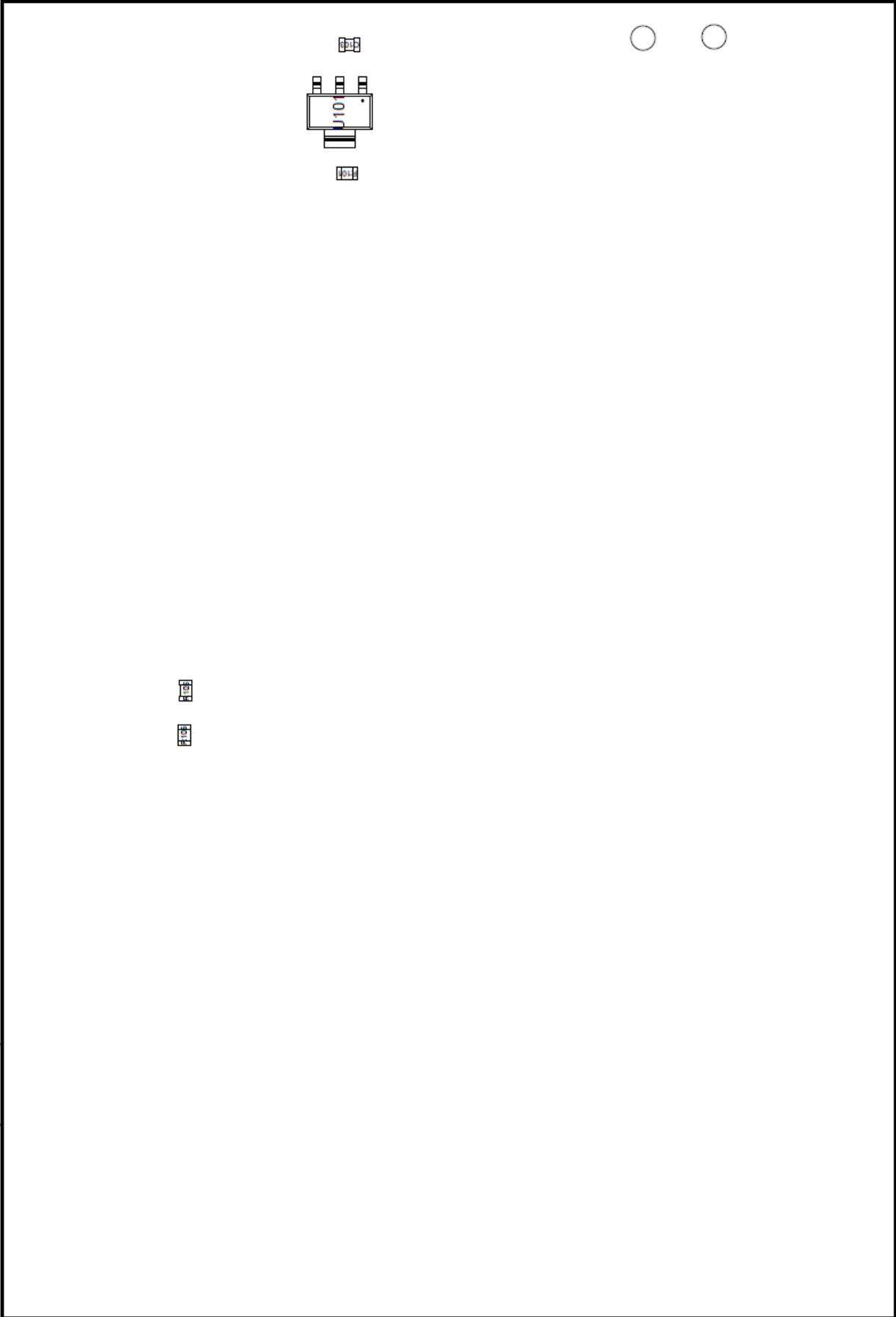
Layout Bottom



Assambly TOP



Assambly Bottom



Layer Stack

Layer Stack Legend

Material	Layer	Thickness	Dielectric Material	Type	Gerber
	Top Overlay			Legend	GTO
Surface Material	Top Solder	0.01mm	Solder Resist	Solder Mask	GTS
Copper	Top Layer	0.02mm		Signal	GTL
		1.55mm	FR-4	Dielectric	
Copper	Bottom Layer	0.02mm		Signal	GBL
Surface Material	Bottom Solder	0.01mm	Solder Resist	Solder Mask	GBS
	Bottom Overlay			Legend	GBO

Total thickness: 1.61mm

BOM

Comment	Description	Designator	Footprint	LibRef	Quantity	Price in CHF
Batteryholder	Battery Retainer Coin,	BT200	BAT_2996TR	Batteryholder	1	2,13
47uF	No Description Availat	C100, C102	EXV-9G_KEM	EEV476M025A9GAA	2	
100nF		C101, C105, C106, C107, C108, C200, C203	Cap_0805	Cap_0805	7	
1uF		C103	Cap_0805	Cap_0805	1	
22pF		C104	Cap_0805	Cap_0805	1	
1nF		C201, C202, C204, C205	Cap_0805	Cap_0805	4	
S1MB-13-F	No Description Availat	D100	SMB_DIO	S1MB-13-F	1	0,306
LED GREEN		D101	LED_RED	LED_GREEN	1	
1N4148W-TP	No Description Availat	D102	SOD123_MCC	1N4148W-TP	1	
Display Monocrystal	Displaymodule - LCD,	DS200	LCD_5110	LCD_5110	1	6,9
DS1307	Real Time Clock_RTC	IC200	DIP794W47P254L991H457Q8	DS1307	1	3,7
PJ-202A	2.0 x 6.5 mm, 2.5 A, Ho	J100	Power_Jack_2.1mmx5.5mm	PJ-202A	1	0,55
Jumper 3	Connector Header Surf	J101	AMPHENOL_95278-101A06LF	Header 2x3	1	
SAMTEC-A-TSM-118-01		J102	SAMTEC-A-TSM-118-01-L-DV	SAMTEC-A-TSM-118-01	1	
WS2812B	No Description Availat	LED200, LED201, LED202, LED203	WS2812b_1	WS2812B	4	0,451263
Crystal_32.7680kHz		Q200	Crystal_327680	Crystal_32.7680kHz	1	
1kOhm		R100, R203	Res_0805	Res_0805	2	
00hm		R101	Res_0805	Res_0805	1	
10kOhm		R102, R104, R105, R106, R107, R202, R204, R205, R206	Res_0805	Res_0805	9	
1M0hm		R103	Res_0805	Res_0805	1	
1kOhm		R200	RPOT_3314G	Res_Pot	1	
330Ohm		R201	Res_0805	Res_0805	1	
5kOhm		R207	Res_0805	Res_0805	1	
NCP1117LPST50T3G	Linear Voltage Regulat	U100	SOT230P700X180-4N	NCP1117LPST50T3G	1	0,46
AZ1117CH-3.3TRG1	LDO 3V3	U101	SOT-223_DIO-M	LDO_AZ1117CH-3.3TRG	1	0,5
ATMEGA2560-16AUR	No Description Availat	U102	100A_ATM	ATMEGA2560-16AUR	1	17,15
TL3305AF260QG	No Description Availat	U103, U104, U105	SMD_F260QG_EWI	TL3305AF260QG	3	0,187
TMP36FSZ-REEL	No Description Availat	U200	R_8_ADI	TMP36FSZ-REEL	1	2,26
SCD30	Carbon Dioxide_CO2	U201	MODULE_SCD30	SCD30	1	57,58
DHT11	Luftfeuchtigkeit-, Tem	U202	DHT11	DHT11	1	4,55
Header 10		X100	Header_1x10	Header_1x10	1	
Header 8		X101, X102, X103, X104, X105	Header 8	Header_1x8	5	
CSTCE16MOV53-R0	16MHz Ceramic Reson	Y100	OSC_CSTCE16MOV53-R0	CSTCE16MOV53-R0	1	0,25
Buzzer		BUZ100			1	0,65
					Total	97,624263

Inbetriebnahmeprotokoll

Inbetriebnahme

Bedingungen

Datum	20.10.2021-21.2021
Ort	Bern
Temperatur	Ca 25°C \pm 2°C
Tester	David Indermühle

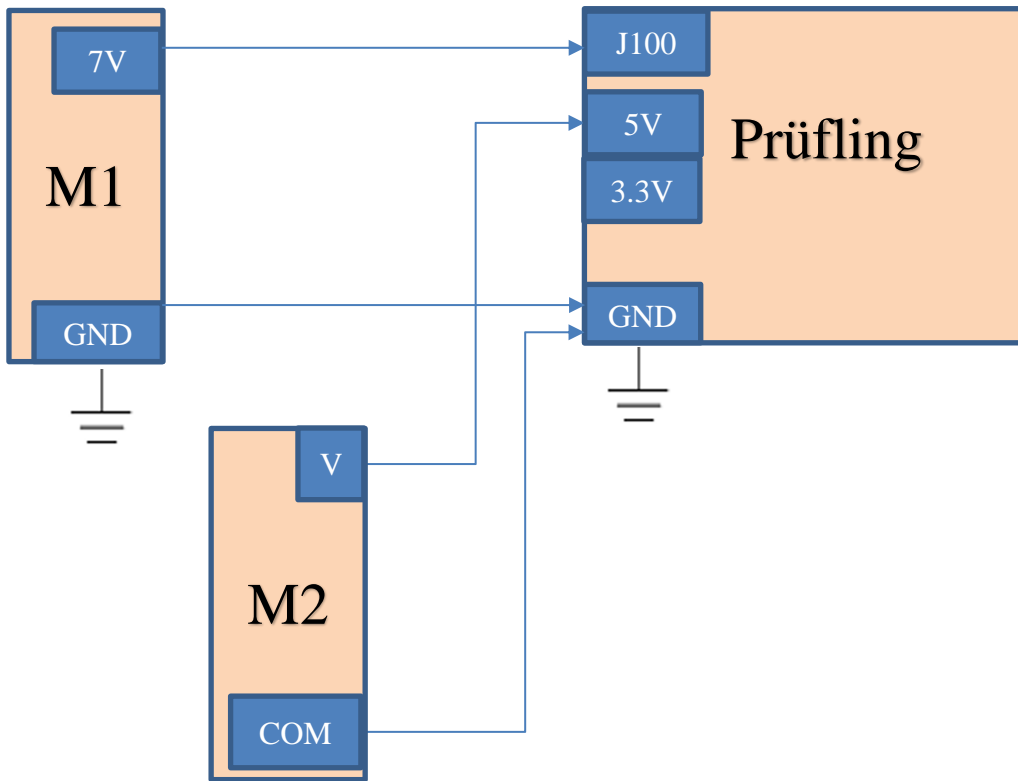
Messgeräte

Bezeichnung	Beschreibung	Hersteller	Typ
M1	Labor Netzteil	KORAD	KA3010P
M2	Multimeter	FLUKE	FLUKE 175
M3	Oszilloskop	RIGOL	DS1054

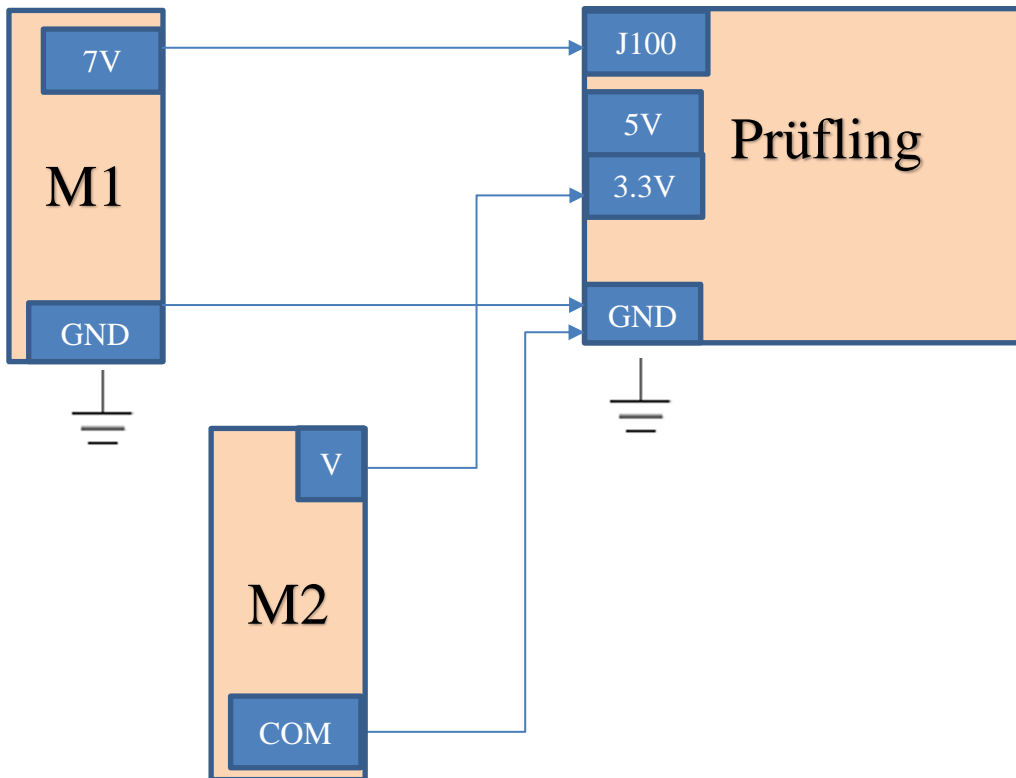
Prüfling

Der Prüfling ist das Re-Design des Umgebungssensor.

Messaufbau 5V Messung



3,3V Messung



Spannungsmessungen

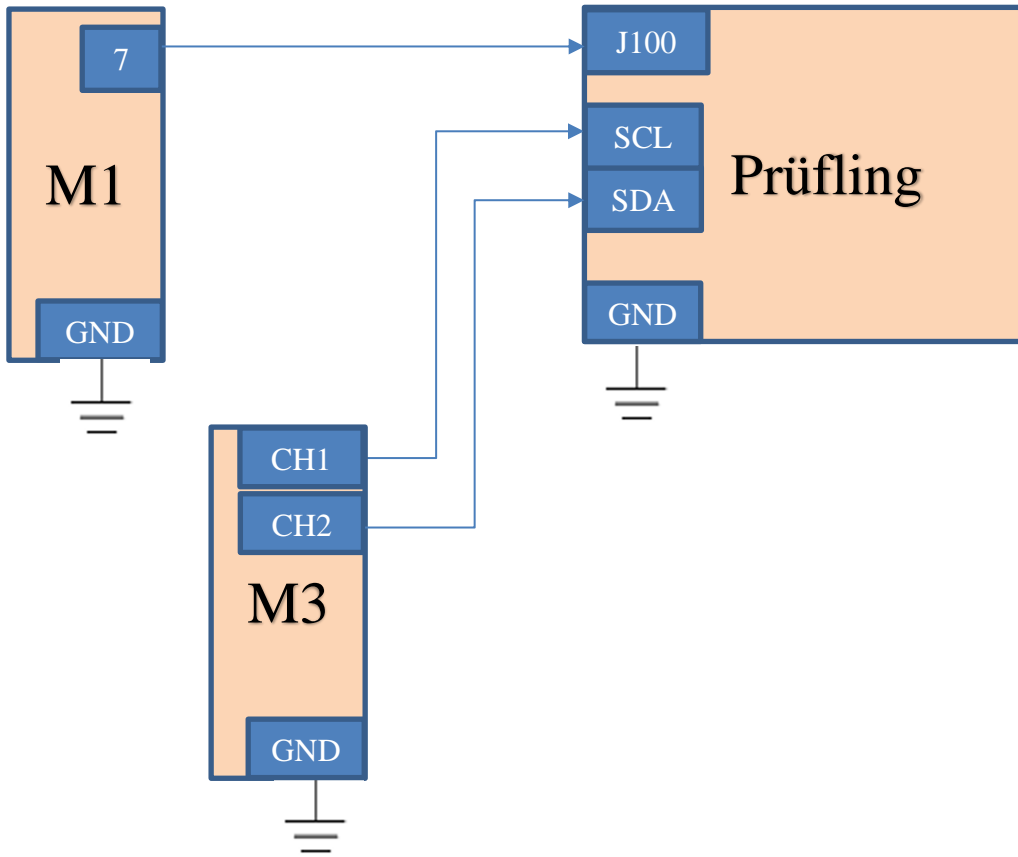
Prüfung	Soll	Ist	Pass/Fail
5V PCB	5VDC \pm 0.25VDC	5.006V	Pass
3.3V PCB	3.3VDC \pm 0.15VDC	3.302	Pass

Stromaufnahme

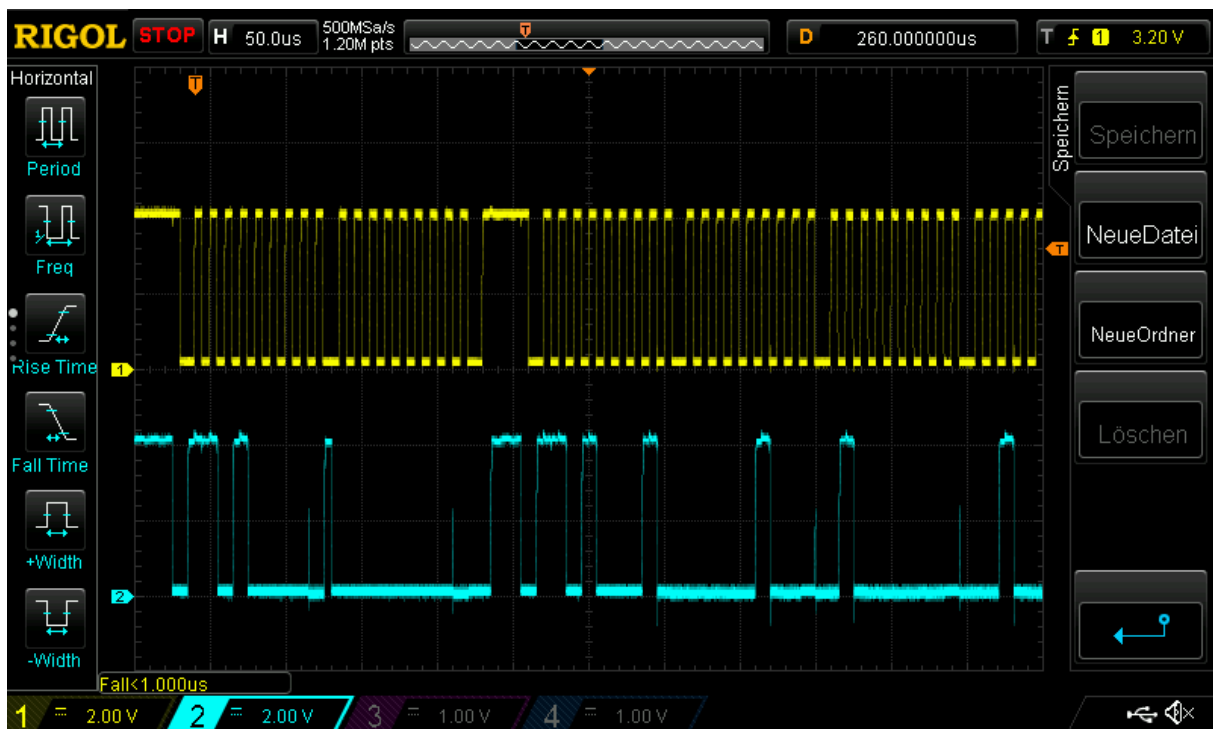
Die Stromaufnahme wird direkt am M1 Netzteil abgelesen. Ohne eine vorhandene Software benötigt das PCB 48mA.

I2C

I2C Messaufbau



I2C Messung



Das Signal entspricht ungefähr dem erwarteten Signal. Der Spannungspegel ist zwischen 0V und 5V