



Projektbericht

CO2-Ampel für Schulklassen

Luftgütemessung in Corona-Zeiten

Projektleiter: Jakob Estermann - HTL Wien West Abteilung für Elektronik und Technische Informatik
Projektbetreuer: Dipl.-Ing. Gernot Estermann - HTL Wien West Abteilung für Informationstechnologie
durchgeführt unter Verwendung diverser Maschinen und Anlagen der HTL eigenen Werkstätten

mit finanzieller Unterstützung durch den Förderverein der HTL Wien West und CODICO GmbH



gewürdigt durch



htlwienwest.at

Inhaltsverzeichnis:

1. Einführung/Vorwort	3
2. Projektentstehung und Verlauf	4
3. Projektablauf	5
4. Konstruktionsunterlagen & Bauanleitung	6
4.1. Stückliste / Komponenten	6
4.2. Schaltplan	7
4.3. Leiterplatte	8
4.4. 3D-Druck-Kunststoff-Gehäuse	11
4.5. CO ₂ -Ampel – Technische Kurzbeschreibung -Eckdaten	17
4.6. Grafische Anzeigen	18
4.7. Software	19
5. Bedienungsanleitung	19
6. Fotos	20
7. Medienberichte	21
8. Nachwort des Projektbetreuers:	21
A) Anhang Software ohne HandyApp für Volksschule:	21
B) Anhang Software mit HandyApp:	-



Jakob Estermann 15 Jahre
 HTL Wien West – Thaliastraße 125 – 1160 Wien
 Abteilung für Elektronik und Technische Informatik
 Klasse 2BHEL

1. Einführung/Vorwort

Durch konsequentes, regelmäßiges Lüften der Unterrichtsräume können die Viruskonzentration und damit das Infektionsrisiko mit dem COVID19 Virus in Schulen wesentlich reduziert werden. Nicht nur in der Covid-Zeit ist ausreichend Frischluft im Klassenzimmer ein Muss. Wenn 25 Kinder und Lehrer in einem Raum sind, wird es schnell stickig. Konzentration und Aufnahmefähigkeit nehmen ab. Um das Lüften zu verbessern habe ich, Jakob Estermann, Schüler der HTL Wien West aus der Fachrichtung Elektronik und Technische Informatik (2 Klasse, 15 Jahre alt), eine Raumluftgüteampel für eine benachbarte Volksschule entwickelt, welche die richtigen Lüftungsintervalle verlässlich anzeigen kann. Die Messdaten werden als Zahlenwert, als Grafik und mit Farbbalken angezeigt. Auch ein akustisches Signal meldet, wann gelüftet werden soll. Weiters ist noch eine App entstanden, welche die Schüler auf Ihr Handy laden können, um die Messdaten ihren Klassen-CO2-Ampel direkt am Handy als Zahlenwert und als Grafik anzuzeigen. Das Projekt kam einer benachbarten Volksschule zugute. Mitte Dezember wurden die ersten Geräte übergeben. Die Volksschullehrerinnen berichteten, dass dies sehr spannend für die Schulkinder war und diese die Lehrerinnen immer sofort aufmerksam machten, wenn die Farbe Gelb erreicht wurde und die Fenster zu öffnen waren. Es zeigte sich, dass wie erwartet die Farbe Gelb nach 15-20 Minuten erreicht wurde und nach weiteren 5-10 Minuten die Farbe Rot. Während des Lockdowns wurde ein Prototyp in einer nur zu 40% besetzten Klasse getestet. Dementsprechend hat es wesentlich länger gedauert, bis die Grenzwerte erreicht wurden.

Wir waren sehr erfreut über das große Medieninteresse in Fernsehen, Radio, Printmedien und Internet. Nach der Veröffentlichung auf unserer Schulwebseite und unserer Schulzeitschrift waren wir recht rasch in allen Medien präsent. Weitere Informationen dazu im Anhang.

Ich bedanke mich bei der Volksschule, welche der Auslöser für das Projekt war und beim Förderverein meiner Schule, welcher das Projekt finanziell unterstützt hat. Weiters bedanke ich mich bei den Werkstättenlehrern, welche mir erlaubt haben alle nötigen Maschinen zu verwenden und meinem Vater, welcher mich bei der Organisation des Projektes unterstützt hat. Auch bedanke ich mich bei den Medien, welche meine Arbeit so stark gewürdigt haben.

“Die Geräte wurden entwickelt, um in der Corona Pandemie in einer benachbarten Volksschule das Einhalten der optimalen Lüftungsintervalle zu gewährleisten. Die CO2-Ampeln wurden der Volksschule geschenkt.“

2. Projektentstehung und Verlauf

Die berufsbildenden höhere technische Schule - HTL Wien West – veranstaltet seit 2 Jahren für Volksschulen in der näheren Umgebung spezielle Kennenlertage. Dort werden die Kinder spielerisch an die Technik herangeführt und bekommen einen Einblick in alle angebotenen Fachrichtungen. Durch das eigenständige technische Miterleben einiger Übungen in den Werkstätten und Labors soll den Kindern bei ihrer Ausbildungsentscheidung mit 14 Jahren die Möglichkeit einer technischen Ausrichtung gezeigt werden.

Der Elternverein einer dieser Volksschulen sprach daraufhin unsere Schulleitung an, ob es nicht möglich wäre, ein Lüftgütemessgerät für die Corona-Pandemie zu entwickeln und dieses für die Volksschulklassen zu bauen.

Mein Vater, Lehrer an einer anderen Abteilung unserer großen HTL mit 1800 Schülern und 180 Lehrern, wurde mit diesem Projekt betraut und gebeten es vor Weihnachten abzuschließen. Da es schon zu spät war dieses Projekt als Diplomarbeit einzureichen fanden sich kaum noch Schüler, welche das Projekt noch durchführen hätten können. Auch im normalen wöchentlichen Projektunterricht gab es zu wenig Stunden, um mit diesem Projektumfang innerhalb von 3 Monaten fertig zu werden. Daher fragte er mich, ob ich auch Lust hätte, an diesem Projekt teilzunehmen.

Da ich mich privat durch meinen Vater inspiriert, schon seit dem ersten Lockdown sehr intensiv in meiner Freizeit und in den Sommerferien mit der Mikrocontrollerprogrammierung und Sensorik beschäftigt habe, freute ich mich, an so einem nützlichen Projekt teilzunehmen. Weiters wollte ich auch den mir gänzlich unbekanntem 3D-Druck bzw. das Design von Gehäusen kennenlernen. Auch die Printplattenfertigung konnte ich im ersten Schuljahr an der HTL, aus Corona-bedingten Zeitmangel, nicht richtig eigenständig durchführen. So sagte ich zu und wir begannen in zwei Gruppen mit je drei Schülern an dem Projekt zu arbeiten. Aufgrund des extremen Zeitaufwandes von ca. 30 Stunden pro Woche parallel zum normalen Unterricht verließen mich aber meine Kollegen nach und nach.

Am 13. November konnten nach nur 8 Wochen und zirka 250 Wochenstunden die ersten 3 Prototypen fotografisch dokumentiert werden. Nach dem Bau des fünften Gerätes wollte ich wesentliche Verbesserungen einbauen und so entwickelte ich noch in weiteren 50 Stunden die zweite Generation der CO₂-Ampeln. Anfang Dezember konnten dann fünf Geräte der ersten Generation und eines der zweiten Generation an die Volksschule übergeben werden.

Aus Freude an der Entwicklung habe ich noch eine HandyApp programmiert, welche die Lehrer freischalten können und die Schüler sehen dann auf Ihrem Handy die Messwerte. Da das aber den Unterricht stören würde, wurden die Geräte der Volksschule ohne diese Funktionalität ausgeliefert.

3. Projektablauf

Als erster Schritt musste nach einen geeigneten CO₂ Sensor gesucht werden. Wir kauften die 8 günstigsten Sensoren in einer Preisspanne von 7€ bis 50€. Im September war es noch wesentlich einfacher und günstiger solche Komponenten zu erhalten. Ab Dezember/Jänner hatten sich die Preise teilweise verdoppelt bzw. gab es 3-4-monatige Lieferzeiten. Da das Herzstück dieser Raumluftgüteeampel der Kohlendioxidssensor bildet, wurden zuallererst alle acht unterschiedliche Kohlendioxidssensoren getestet. Es stellte sich heraus, dass manche softwaremäßig nicht integrierbar waren, andere wiederum fehlerhafte Messergebnisse zeigten und einer mechanisch nicht integrierbar war. Schließlich fiel die Wahl auf den MH-Z19B Sensor. Er hat zwar auch einige ungünstige Eigenschaften, aber er war im September noch sehr günstig um 16€ erwerbbar. Anschließend wurde die Software für den Mikrocontroller entwickelt.

Aufgrund der Softwaregröße fiel die Wahl vorerst auf den Arduino-Mega Mikrocontroller, mit welchem auch der erste Prototyp aufgebaut wurde. Da der Arduino-Mega allerdings raummäßig viel zu groß dimensioniert ist, wurde auf den leistungsfähigeren, wesentlich kleineren ESP-8266 umgestiegen, was allerdings noch die Lösung einiger Probleme erforderte - die Softwarebibliotheken zweier Komponenten waren nicht mit dem ESP-8266 kompatibel. Weiters können mit dem ESP-8266 die Messdaten auch über WLAN/WiFi mit einer HandyApp abgefragt werden. Nach und nach wurden alle Sensoren in die Software eingebunden. Danach wurde an der Darstellung der Messergebnisse auf dem OLED-Display gearbeitet. Als Ampeldarstellung wurde eine modern aussehende LED-Balkenanzeige gewählt. In den fertigen Geräten zeigte sich jedoch, dass bei hohen CO₂-Werten und dadurch vermehrt leuchtender LEDs, es zu einer Wärmeentwicklung kam, was die Temperaturanzeige um bis zu 2°C erhöhte. Auch der ESP-8266 erzeugt Abwärme und verfälscht die Temperatur. Dies konnte teilweise durch Belüftungslöcher im Gehäuse reduziert werden.

Für den Einschaltvorgang wurde noch eine eigene Introdution für das Display programmiert, um den Sensoren etwas Zeit zu geben sich auf die richtigen Messwerte einzustellen.

Die Darstellung von Grafiken stellte sich als recht zeitaufwändig heraus.

Ab der siebten Woche begann die Konstruktion des Gehäuses, welches mit einem 3D-Drucker gedruckt werden sollte. Wegen der spezifischen Eigenschaften der in der HTL vorhandenen 3D-Drucker und der unterschiedlichen Kunststoff-Druckmaterialien (Filamente) musste das Design des Gehäuses mehrmals angepasst werden, um die Produktion der geplanten Serie von etwa 20-25 Stück möglichst einfach zu gestalten. Beim ersten Gehäuseentwurf dauerte die Entfernung der Stützkonstruktionen noch 45 Minuten (Handarbeit). Durch verschiedenste Konstruktionsanpassungen und Druckereinstellungen konnte die Zeit auf 2 Minuten reduziert werden. Das geschah zum Beispiel durch Anschrägen waagrechter Flächen und einer Reduktion der Unterstüzungskonstruktionen auf einen Winkel <20°.

Für die möglichst einfach herzustellende Verbindung aller Komponenten wurde eine Platine entwickelte, die mit einer Platinenfräsmaschine in der Werkstätte der HTL Wien West angefertigt wurde. Am 13. November konnten die Prototypen photographisch dokumentiert werden. Damit begann auch die Entwicklung der verbesserten Version. Ein Buzzer für akustische Warnsignale wurde eingebaut. Da dieser aber den Unterricht stören kann, wurde ein Schalter zur Deaktivierung eingebaut. Die Stromversorgung wurde verbessert, damit jedes handelsübliche Handyladegerät verwendet werden kann. Auch eine grüne LED zeigt die vorhandene Stromversorgung an. Mit einem Schalter kann das Gerät ausgeschaltet werden, damit der Stecker nicht abgezogen werden muss. Ein weiterer Schalter mit drei Stellungen ermöglicht die Wahl unterschiedlicher Darstellungsformen der Messergebnisse. Auch die Optik des Gehäuses wurde noch verbessert.

Die Produktion und Auslieferung der ersten Gebrauchsgeräte an die Volksschule Brüllgasse erfolgte plangemäß Anfang/Mitte Dezember 2020. Nach den Weihnachtsferien war die Entwicklung komplett abgeschlossen und es mussten nur noch die restlichen Geräte produziert werden. An der Datenabfrage über WLAN und der Programmierung der App wurde noch bis Februar gearbeitet.

4. Konstruktionsunterlagen & Bauanleitung

4.1. Stückliste / Komponenten:

Projektkomponenten / Händler / Kosten-Richtpreise:

CO2-Sensor: MH-Z19B / nur über Amazon erhältlich / ab 16€ bis 45€

Temperatur- & Luftfeuchtigkeitssensor: DHT22 / Conrad / 6€

Mikrokontroller: ESP8266 / Conrad / 9€

LED-Balkenanzeige: LED-Matrix-Display - Seeed Studio Anzeige / RS-Components / 5€

Bildschirm: 128 x 64 Pixel 1,3 Zoll OLED I2C Display / AZ Delivery / 6€

2 Ein-Schalter / Conrad / 4€

Wippschalter / Conrad / 3€

USB-Anschluss / Reichelt / 2€

Summer / Conrad / 2€

Kabel / diverse / 2€

Kleinmaterial / diverse / 1€

Netzgerät 5V Mikro-USB / diverse / 5€

Printplatte / Eigenproduktion Roh-Printplatte / 2€

Gehäuse / Eigenproduktion Filament / 4€

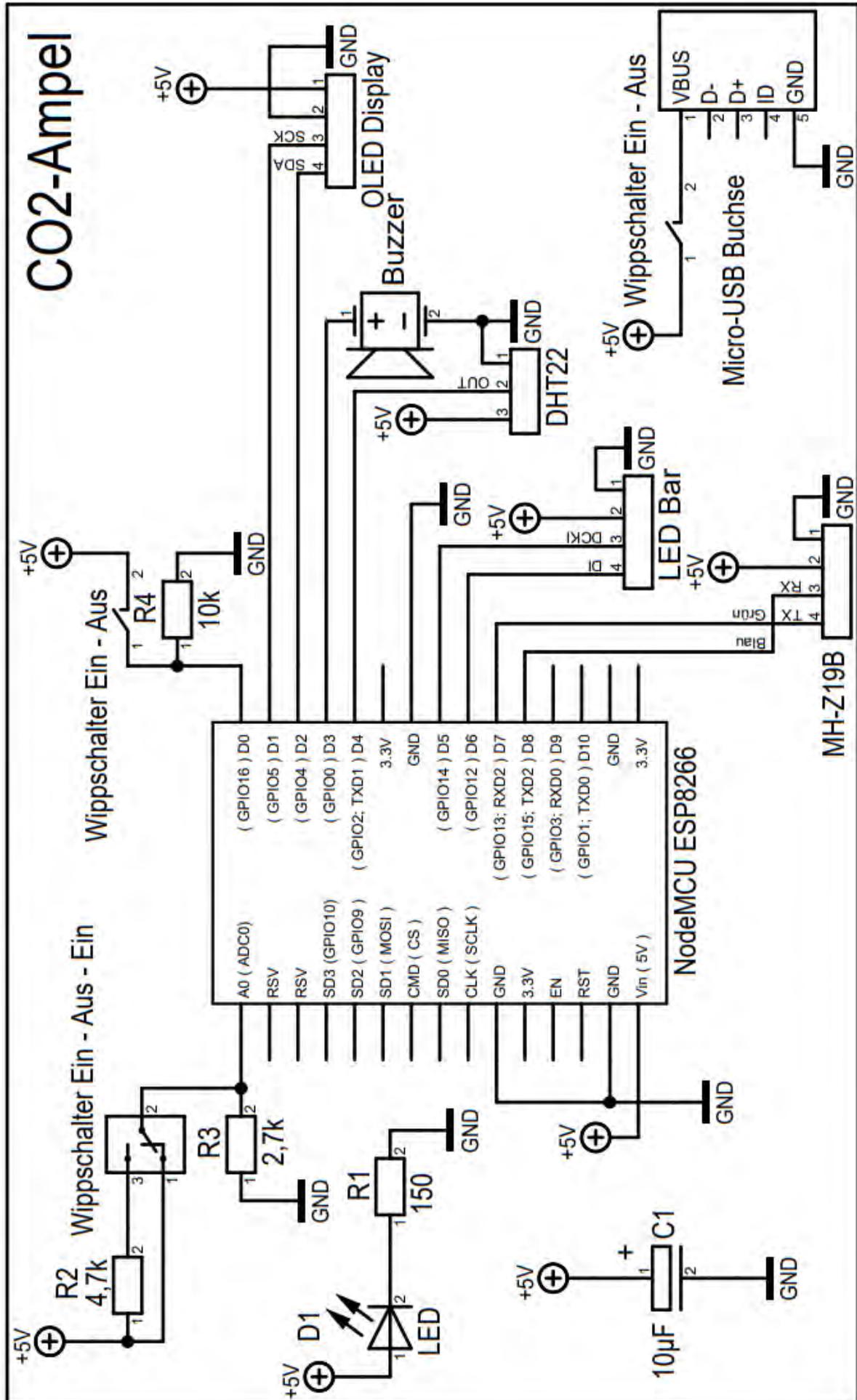
Software / Eigenentwicklung / -€ 50Stunden

Gesamtkosten je CO₂-Ampel - Generation 1 zirka 50€ und Generation 2 zirka 70€.

Bei Einkauf in China mit größeren Stückzahlen können die Materialkosten auf zirka 30€ pro Gerät gesenkt werden.



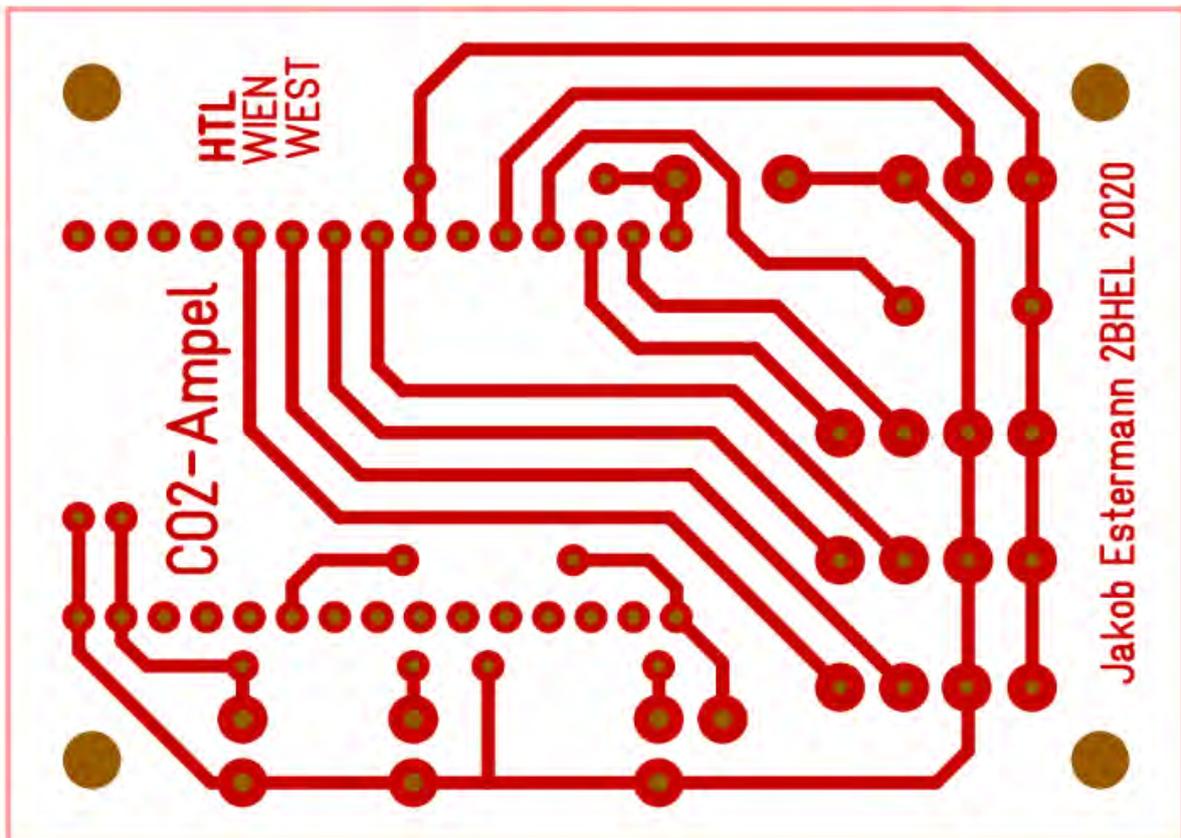
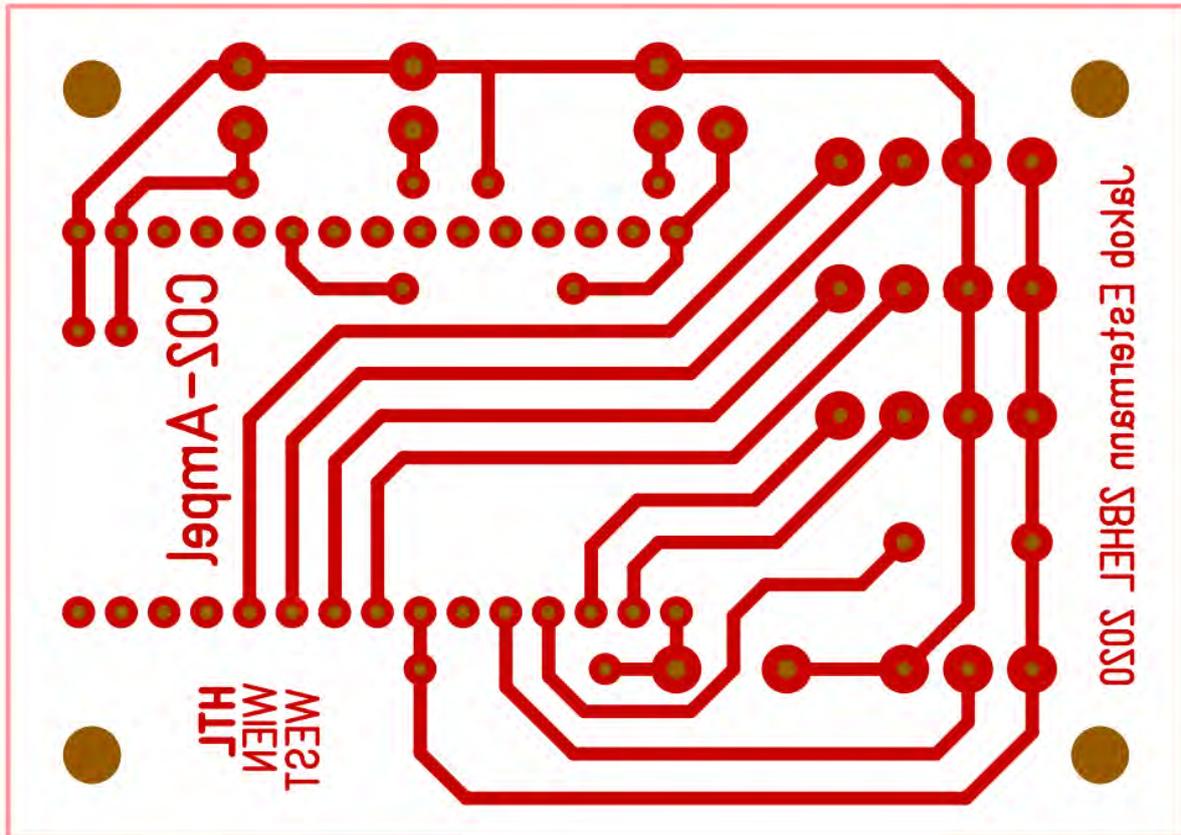
4.2. Schaltplan:



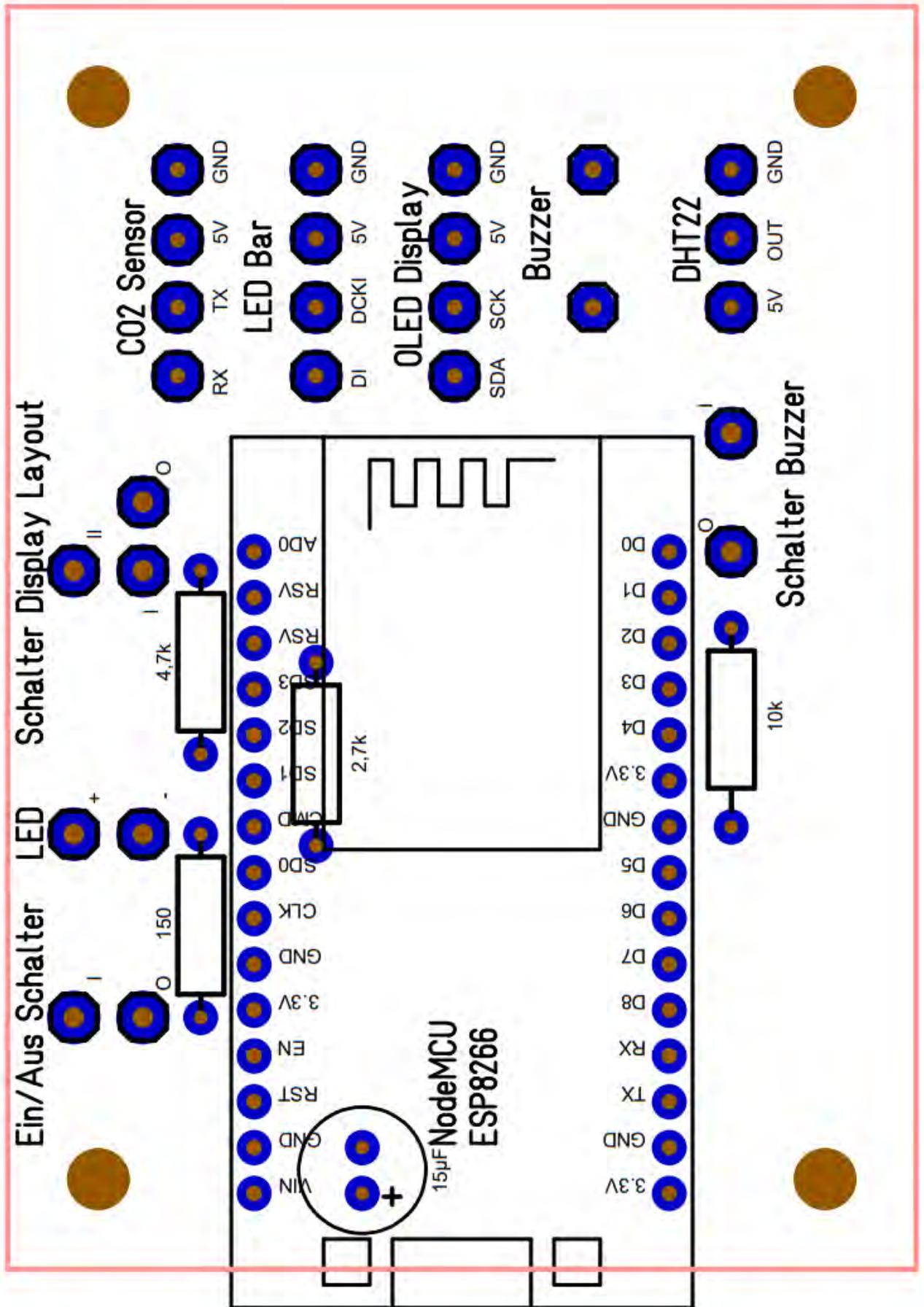
4.3. Leiterplatte:

Erstellt mit Target 3001

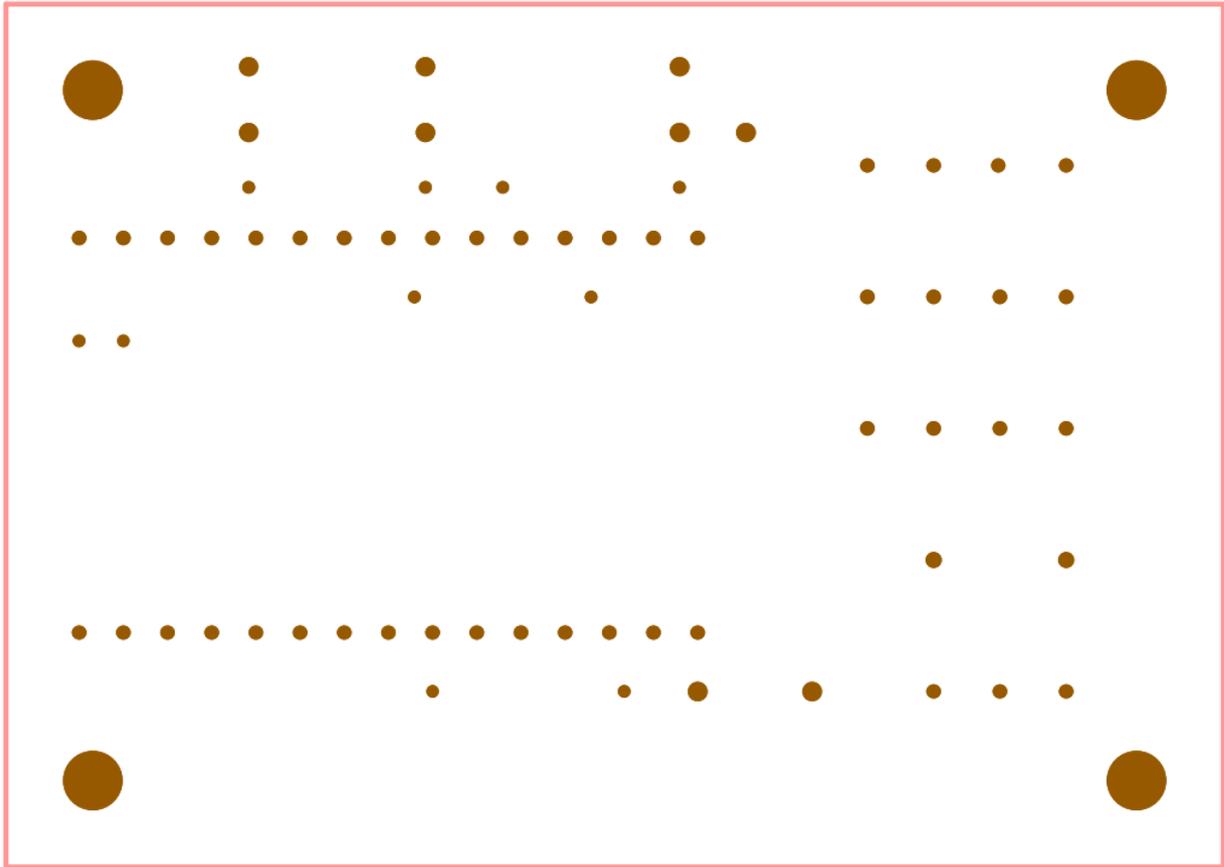
Layout Unterseite:



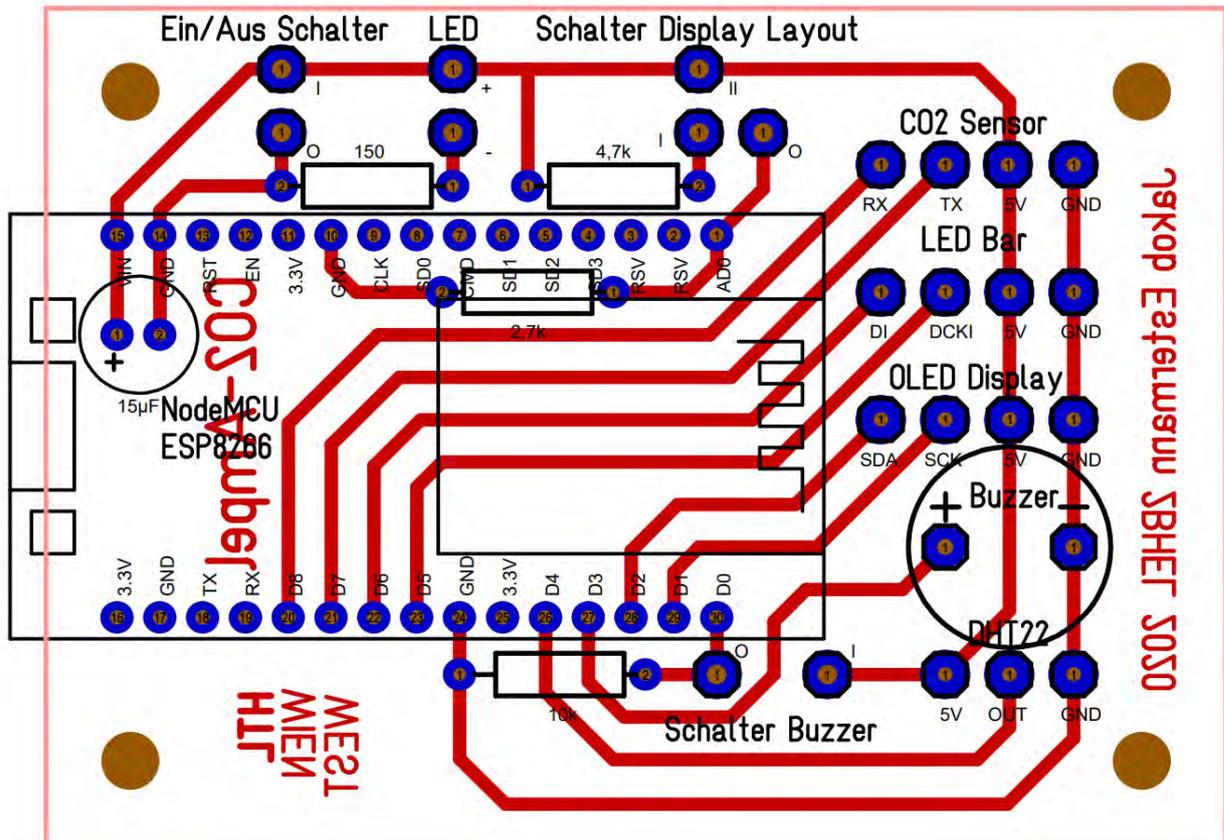
Layout Oberseite / Bestückungsplan / Beschriftung:



Layout Oberseite / Bohrplan:



Übersicht

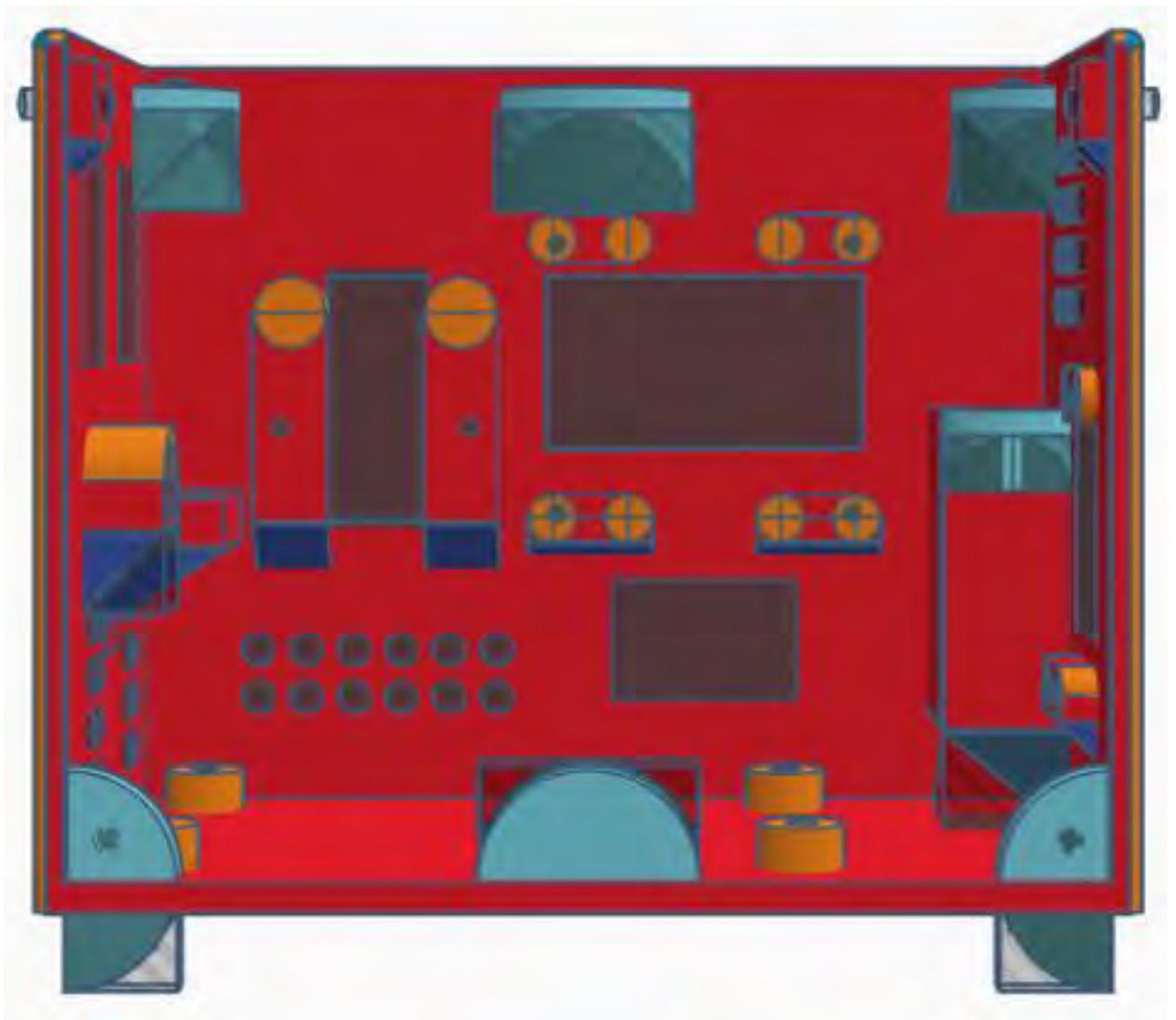
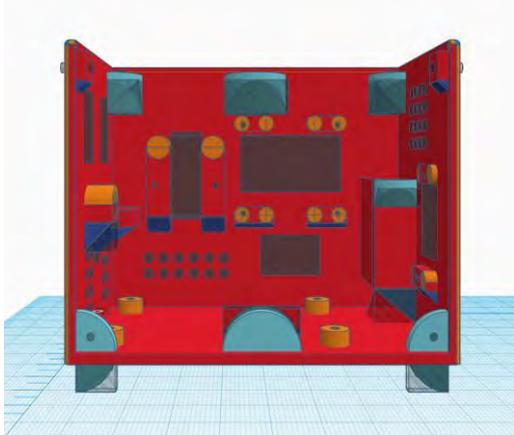


4.4. 3D-Druck-Kunststoff-Gehäuse:

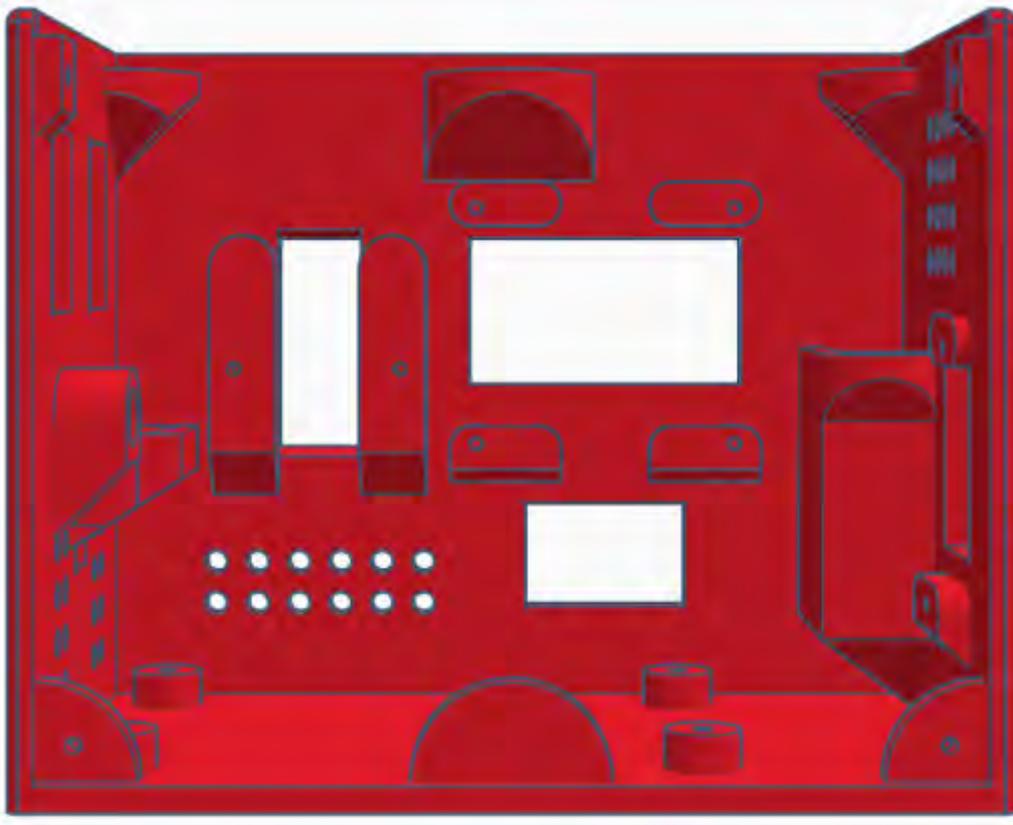
Erstellt mit ThinkerCAD

Diverse Ansichten:

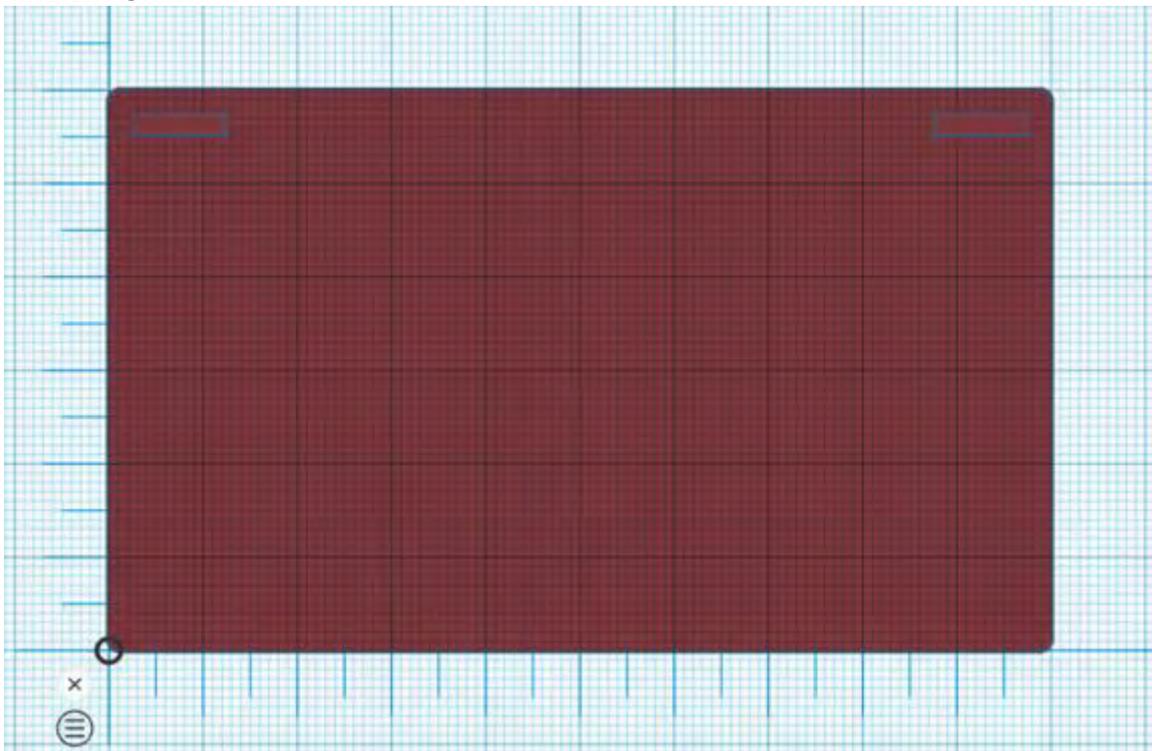
Ansicht Innen mit Konstruktionshilfen



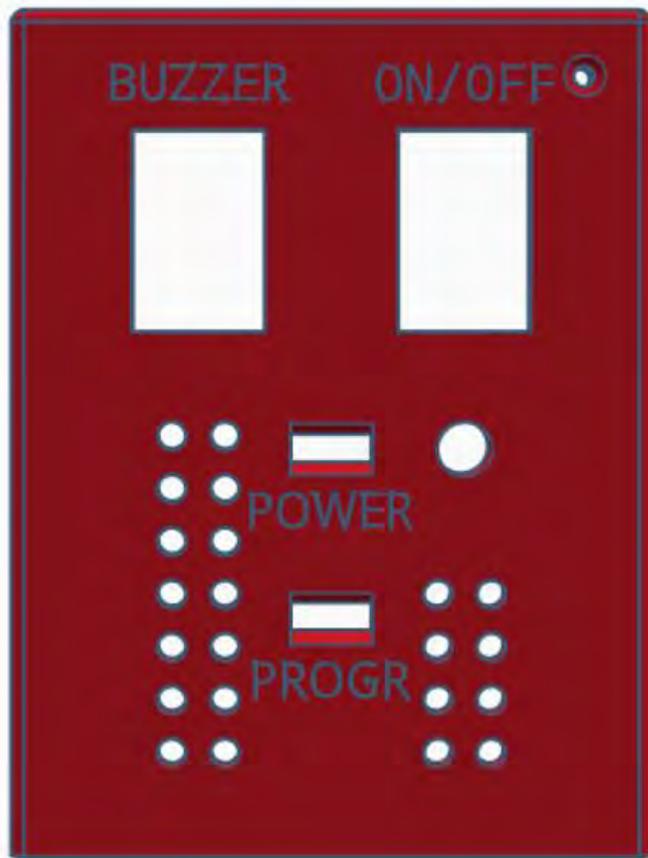
Ansicht Innen



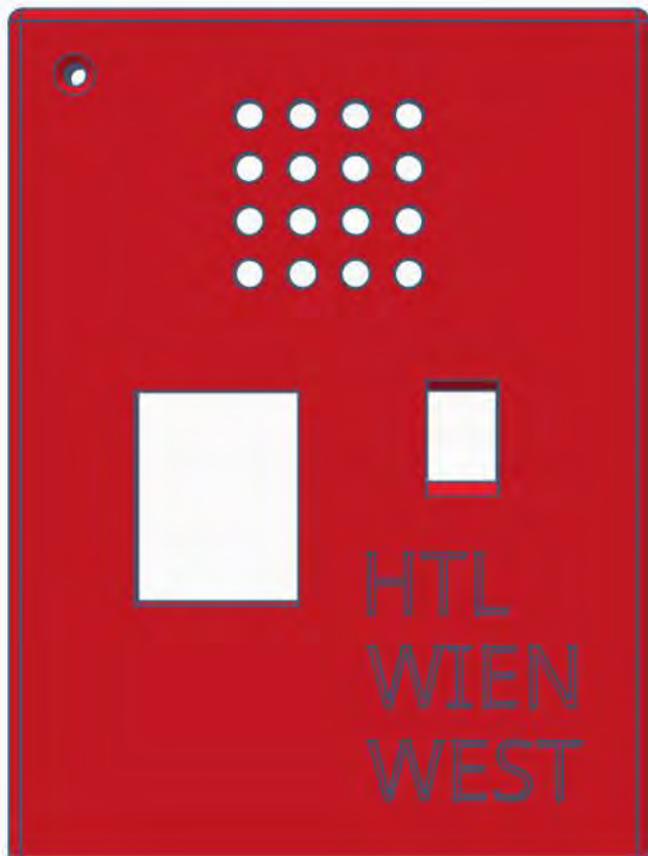
Ansicht Unten



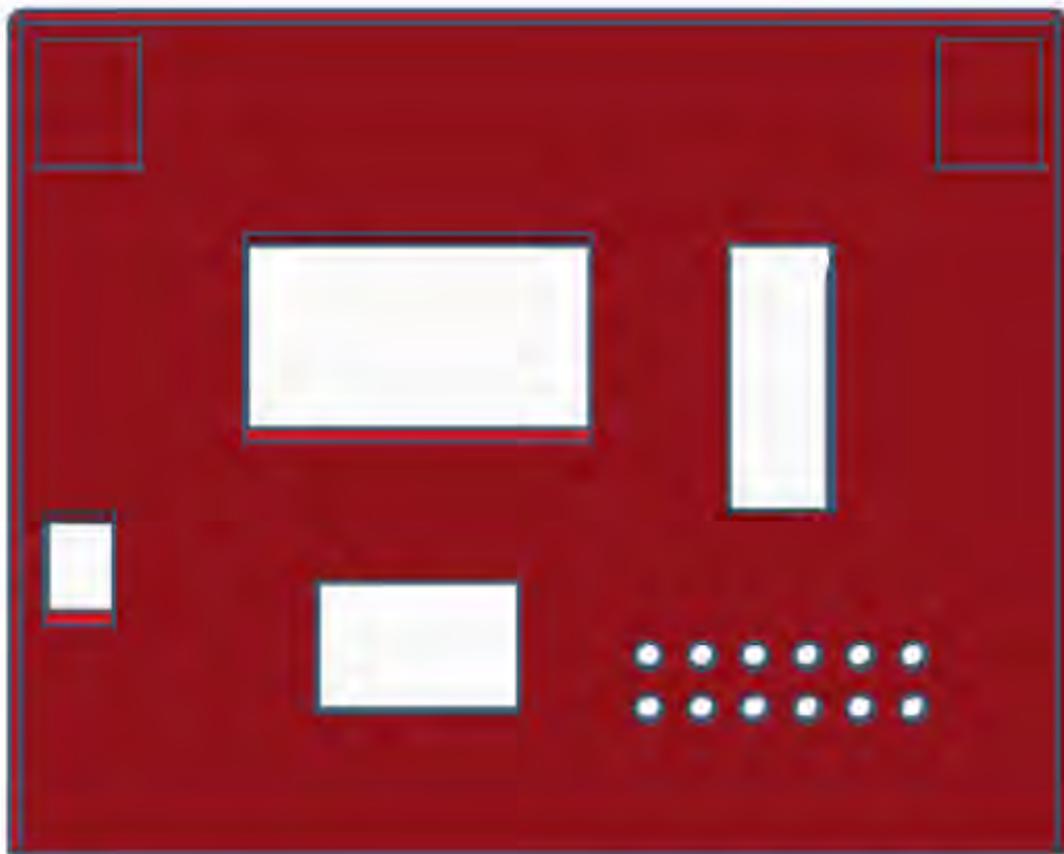
Ansicht Rechte Seite



Ansicht Linke Seite



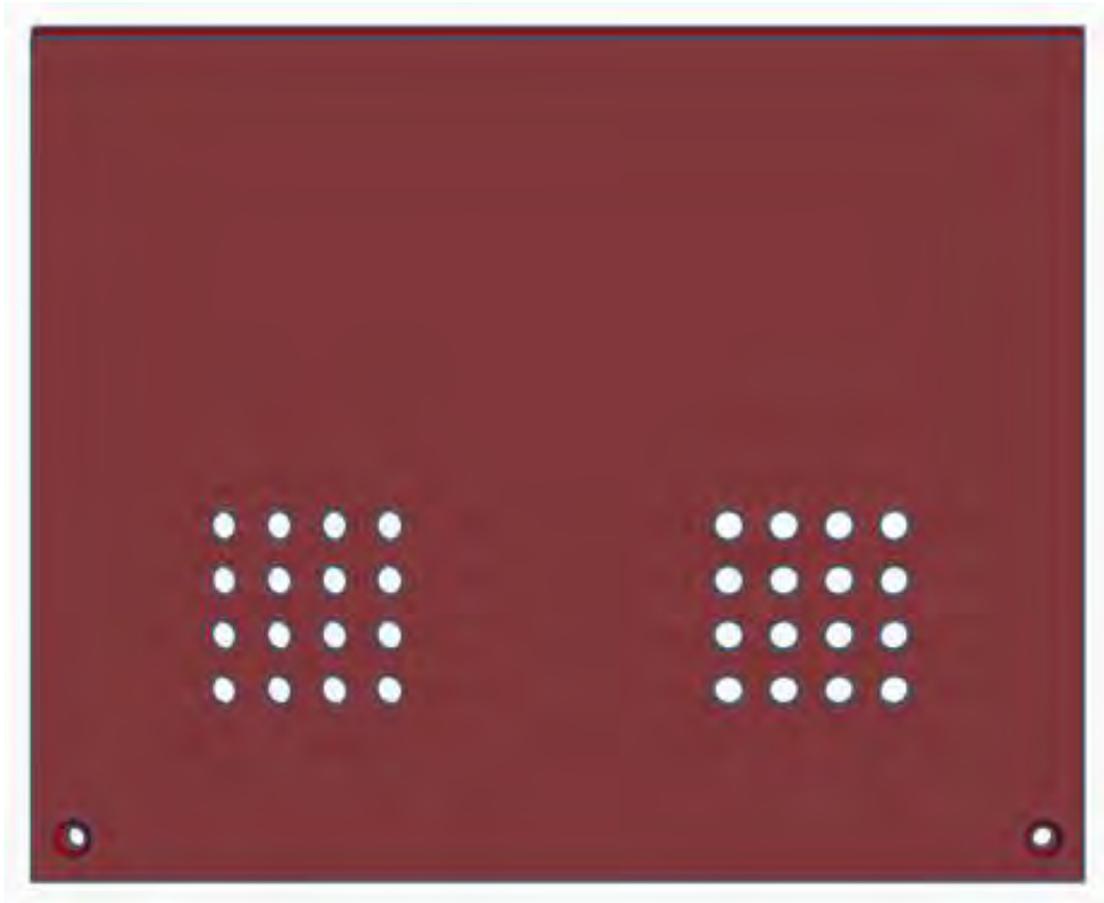
Vorderansicht



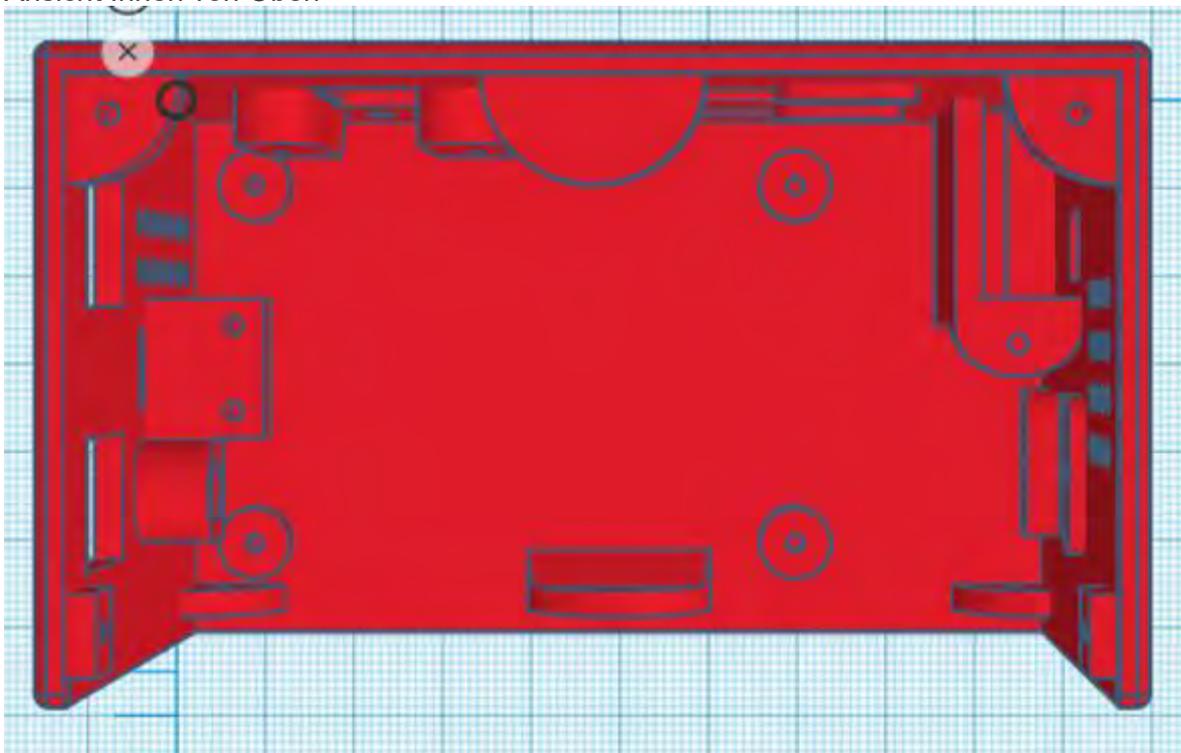
Draufsicht Deckel



Ansicht Deckel Rückseite



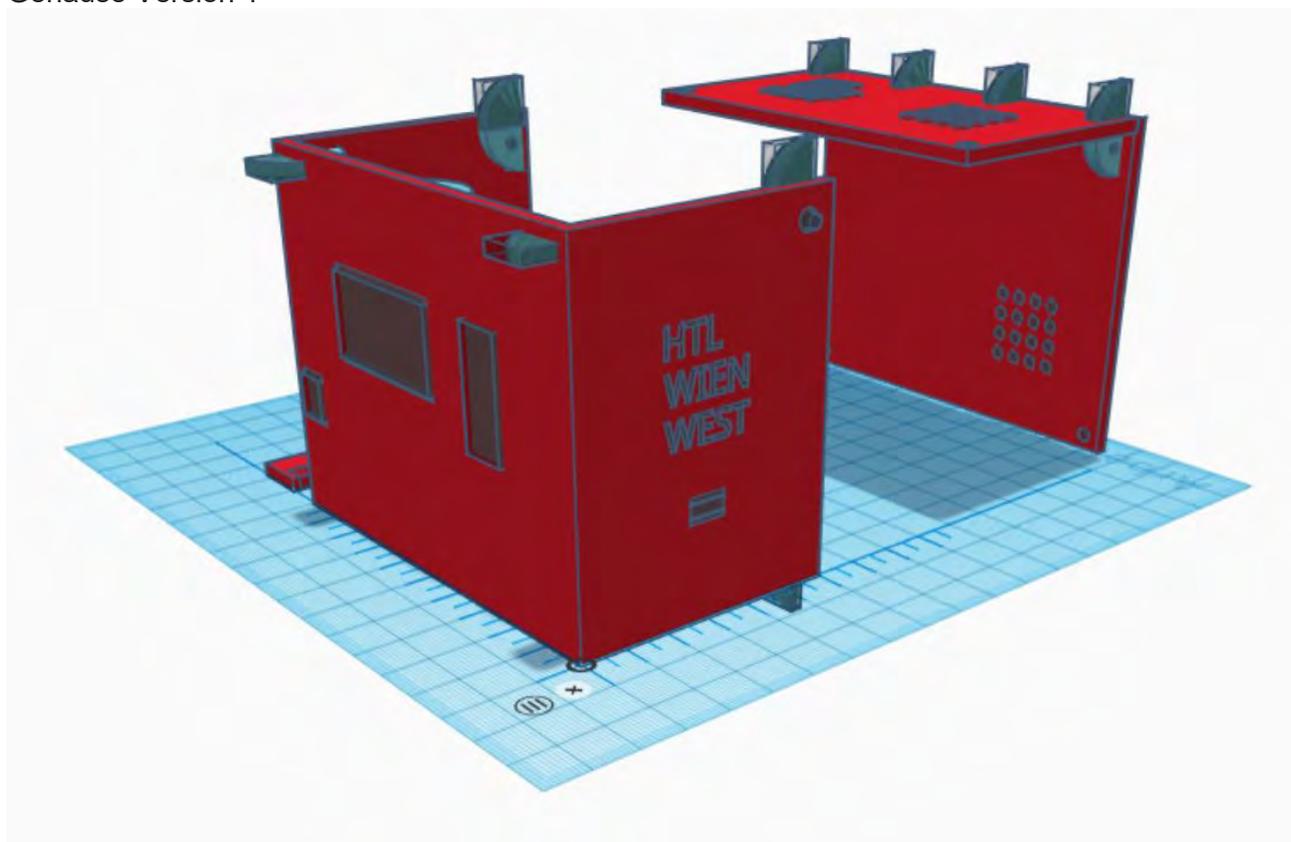
Ansicht Innen von Oben



Deckel mit Halterung vom CO₂-Sensor



Gehäuse Version 1



4.5. CO₂-Ampel – Technische Kurzbeschreibung -Eckdaten:

Das Gerät, basiert auf einem Mikrocontroller und Sensoren für CO₂-Gehalt, Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Das Gehäuse wurde dabei mithilfe eines 3D-Druckers gefertigt. Die Platinen wurde auf den Anlagen der Werkstätte der HTL Wien West hergestellt. Der Zusammenbau erfolgte im Lockdown in Heimarbeit.

Gesamt-Entwicklungszeit zirka 200 Stunden und weitere 100 Stunden Produktionsaufwand (Handarbeit) für die ersten 6 Geräte.

Automatische Fertigung pro Gehäuse - 18 Stunden mit 3D-Drucker;
Automatische Fertigung Printplatte – 25 Minuten mit automatischer Fräsmaschine;
Zusammenbau und Testen eines Gerätes 3-5 Stunden;

Gerätefunktion:

Das Gerät misst den CO₂-Gehalt der Luft in ppm (parts per million) und zeigt ihn am Display an. Eine LED-Balkenanzeige stellt den CO₂-Gehalt auch optisch gut sichtbar in drei Farben dar, ähnlich einer Ampel in den Farben Grün/Gelb/Rot.

Der Startwert des Balkens liegt bei 400ppm und endet in Schritten bei 1400ppm. Darüberhinausgehende Werte werden nur in Zahlen am Display angezeigt.

Von 400ppm bis 1000ppm leuchten die 8 grünen Leuchtdioden entsprechend der Intensität. Ab einer CO₂-Konzentration von 1000ppm leuchtet auch die gelbe LED und ab 1400ppm die rote Leuchtdiode. Ab 1000ppm wird empfohlen zu lüften.

Ab 700ppm wird auch akustisch durch kurze Töne auf das Steigen der CO₂-Konzentration hingewiesen. Diese Funktion kann jedoch mit einem Schalter deaktiviert werden.

Weiters werden Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit gemessen und angezeigt.

Das Gerät zeigt auf einem Display die Raumtemperatur, die Luftfeuchtigkeit und den CO₂-Gehalt als Zahlenwerte an.

Weiters gibt es die Grafische Darstellung mit Symbolen.

Bei der Temperaturanzeige verändert sich die Säule im Bild direkt proportional der Temperatur von 0 bis 37°C.

Bei der Luftfeuchtigkeit verändert sich der Zeiger im Bild proportional der Feuchtigkeit in 7 Schritten von 45°.

Beim CO₂ Gehalt wird der Zahlenwert angegeben und die LED-Balkenanzeige leuchtet entsprechend dem Messwert wie oben beschrieben.

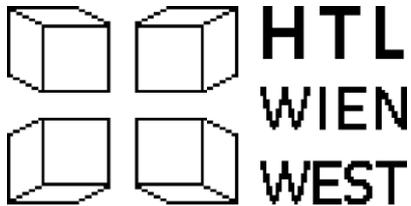
Es gibt wählbare Anzeigeeinstellungen von Text oder Bilder oder beides gemischt.

Die Stromversorgung ist ab der zweiten Generation über jedes handelsübliche USB-Ladegerät mit Mikro-USB-Stecker (Handy-Ladegerät) möglich.

Als weitere Funktionalität wurde auch die Datenabfrage über WLAN implementiert, was im weiteren Projektverlauf umgesetzt werden kann. Eine HandyApp ist bereits implementiert mit der die Schüler die Daten auf ihrem Handy ablesen können. An der Grafischen Oberfläche der App wird noch gearbeitet. Bei den für die Volksschule gefertigten Geräten wurde dies aber deaktiviert.

4.6. Grafische Anzeigen

Startbildschirm



Menüauswahl mit Ton – Buzzer on – mit Text



Schalter unterhalb der Anzeige
Schalter für Buzzer rechte Seite

Menüauswahl mit ohne Ton – Buzzer off – mit alternierenden Bildern



Menüauswahl mit Ton – Buzzer on – mit Text und Bildern durchlaufend



Bild - CO₂-Anzeige – Zahlenwert steht rechts davon



Bild - Feuchtigkeitsanzeige – Zahlenwert steht rechts davon



Zeiger verändert sich proportional

Bild - Temperaturanzeige – Zahlenwert steht rechts davon



Säule verändert sich proportional

4.7. Software

siehe Anhang – Version ohne Handy-App (14 Seiten- 800 Programm-Zeilen !!!)

5. Bedienungsanleitung

Das Gerät misst den CO₂-Gehalt der Luft in ppm (parts per million) und zeigt ihn am Display an. Eine LED-Balkenanzeige stellt den CO₂-Gehalt auch optisch gut sichtbar dar, ähnlich einer Ampel in den Farben Grün/Gelb/Rot.

Weiters werden Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit gemessen und angezeigt.

Ab 700ppm CO₂-Gehalt der Raumluft wird in 100ppm-Schritten auch akustisch durch kurze Töne auf das Steigen der CO₂-Konzentration hingewiesen.

Diese Funktion kann jedoch mit einem Schalter (BUZ) auf der rechten Seite deaktiviert werden.

Mit dem Schalter an der Frontseite kann man zwischen 3 Anzeigeeinstellungen wählen - Text oder Bilder oder beides gemischt.

Die Stromversorgung ist über jedes handelsübliche USB-Ladegerät mit Mikro-USB-Stecker (Handy-Ladegerät) möglich. Bitte an der oberen Buchse anstecken.

An der rechten Seite befindet sich ein Ein-/Aus-Schalter (POW) mit einer grünen LED-Kontrollleuchte.

Die untere USB-Buchse dient zur Programmierung des Gerätes. Sie kann notfalls auch zur Spannungsversorgung verwendet werden. Je nach verwendetem Netzgerät kann es aber zu Funktionsausfällen kommen.

Der Zeiger der Luftfeuchtigkeit ändert sich entsprechend dem Messwert von 0 bis 100% und der genaue Zahlenwert wird rechts angegeben.

Die Temperatursäule im Bild des Thermometers ändert sich im Bereich von 0 bis 38°C linear und der genaue Zahlenwert wird rechts angegeben.

Über die App können die Daten über Handys abgefragt werden.



Für die Volksschule Brüßlgasse wurde die Funktion deaktiviert.

Hotspot am Handy einstellen: SSID: CO2-Ampel PW: Pa\$\$w0rd

App herunterladen:

<https://drive.google.com/file/d/1g4ZQ6sfbAzr8SxJFRhjRrU5HeuheT2f9/view?usp=sharing>

Connect in der App drücken

FERTIG – Daten von der HandyApp ablesen.

6. Fotos – weitere sind den Medienberichten zu entnehmen



7. Medienberichte

Siehe Anhang

8. Nachwort des Projektbetreuers:

Das CO₂-Ampel-Projekt entspricht in etwa den Projekten, die üblicherweise als Diplomarbeiten über 10 Monate in den fünften Klassen von Teams von 2-3 Schülern durchgeführt werden. Jakob Estermann hat sich schon privat während des ersten Lockdowns intensiv mit Mikrocontrollerprogrammierung beschäftigt und war daher schon am Beginn der zweiten Klasse HTL befähigt, dieses Projekt fast im Alleingang durchzuführen. Jakob Estermann ist erst 15 Jahre alt. Die Software, das Design und die Konstruktionsunterlagen wurden allein von Jakob Estermann zu Hause teilweise im Lockdown entworfen. Die Fertigung der Gehäuse und Printplatten erfolgte in Zusammenarbeit mehrerer Werkstätten der HTL.

Die Geräte wurden teilweise zu Hause und im „normalen“ Werkstättenunterricht (der auch während des „Lockdowns“ stattfindet) hergestellt. Erfreulich ist, dass in diesem Fall etwas gefertigt wurde, das praktischen Wert hatte und durchaus benötigt und auch tatsächlich eingesetzt wird. Das motivierte den mit der Entwicklung und Fertigung befassten Schüler Jakob Estermann besonders, sodass dieser äußerst engagiert fast ausschließlich in seiner Freizeit an dem Gerät arbeitete.

A) Anhang Software ohne HandyApp für die Volksschule: