

# Gute Luft - gute Leistung



Nico Prinz

Schüex-Arbeit 2017

## Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung
2. Zielsetzung
3. Bau eines CO<sub>2</sub>-Datenlogger
  - 3.1 Auswahl der Bauteile
  - 3.2 Erste Messungen
4. Programmieren des selbstgebaute CO<sub>2</sub>-Messgeräts
5. Messungen mit einem gekauften CO<sub>2</sub> Datenlogger
6. Entwurf einer automatischen Lüftungsanlage
7. Kritischer Ausblick
8. Linkliste

## 1. Kurzfassung

Als ich den folgenden Artikel im Spiegel online (s.u.) gelesen habe, stand die Zielsetzung meiner Schüex-Arbeit fest. Ich wollte den CO<sub>2</sub>-Gehalt in meiner Schule messen und überlegen, wie ich ihn reduzieren kann. Denn: „**Gute Luft - gute Leistung.**“ Um mein Ziel zu erreichen, kaufte ich einen preiswerten CO<sub>2</sub>-Sensor, dessen Daten ich mittels eines Arduino Unos erfasste. Meine Messungen zeigten zum Teil erschreckend hohe CO<sub>2</sub>-Werte in den Schulräumen. Aus diesem Grund entwickelte ich eine Schaltung, die automatisch lüftet, wenn der CO<sub>2</sub>-Wert zu hoch ist. Um Energie zu sparen soll die Lüftung über einen Wärmetauscher erfolgen.

*Hier ist ein Auszug aus dem Spiegel-Artikel:*

### „Zu viel CO<sub>2</sub>, Dicke Luft in deutschen Klassenzimmern

In den meisten Klassenräumen herrschen Verhältnisse, die schon vor 150 Jahren als ungesund erkannt wurden: Die Luft ist oft so schlecht, dass sie krank machen kann. Die Schulbehörden konzentrieren sich auf die Wärmedämmung der Gebäude - gegen dicke Luft tun sie wenig.“



*erstaunlich schlecht: In München und Umgebung war der CO<sub>2</sub>-Gehalt während 82 Prozent der Unterrichtszeit über 1.000 ppm, der gemessene Spitzenwert lag bei 5.359 (gemessen während der Heizperiode 2005/2006). Ähnlich in Berlin: Überschreitungen 80 Prozent, Spitzenwert 6.000 (Heizperiode 2002/2003). .....*

***Kippfenster sind sicherer - verhindern aber eine gute Lüftung***

*Den Behörden sind diese Untersuchungen bekannt - doch ihre Reaktionen sind dürftig. In Hamburg etwa fragte die Abgeordnete Carola Veit (SPD) im Mai 2009 den Senat, ob eigene Messungen geplant seien. Die Antwort: Nein, das sei nicht nötig, da in anderen Städten genügend Untersuchungen durchgeführt worden seien. In Hamburg erwarte man daher ähnlich schlechte Ergebnisse. Es müsse einfach besser gelüftet werden, empfiehlt der Hamburgische Senat: Möglichst mehrmals pro Stunde und mit weit geöffneten Fenstern. Der Schönheitsfehler: Die meisten Fenster lassen sich heute überhaupt nicht mehr weit öffnen, das haben die Landesunfallkassen längst unterbunden.“*

Ende des Zitates

Auch in meiner Schule sind Schlösser auf den Fensterrahmen, sodass man als Schüler die Fenster nur kippen kann. Manche Lehrer haben aber einen Schlüssel für die Fensterrahmen-schlösser.



Abb. 2.2: Schlösser auf den Fensterrahmen meiner Schule

### 3. Bau eines CO<sub>2</sub>-Datenloggers

#### 3.1 Auswahl der Bauteile

Um die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Räumen meiner Schule zu messen, habe ich mich im Internet nach CO<sub>2</sub>-Messgeräten umgesehen. Dabei musste ich feststellen, dass sie sehr teuer sind. Für den in Abbildung 3.1 zu sehenden CO<sub>2</sub>-Sensor muss man zusätzlich noch das Datenerfassungsgerät LabQuest 2 mit der Software Logger Pro für 540 € kaufen.



Abb. 3.1: CO<sub>2</sub>-Sensor von Vernier  
Quelle [03]

Somit entschied ich mich dafür, ein eigenes, preiswertes CO<sub>2</sub>- Messgerät zu bauen. Bei meiner Recherche stieß ich auf den CO<sub>2</sub>-Sensor MG811 (siehe Abb. 3.2), der als Arduino kompatible Ausführung nur 61,50 € kostet.

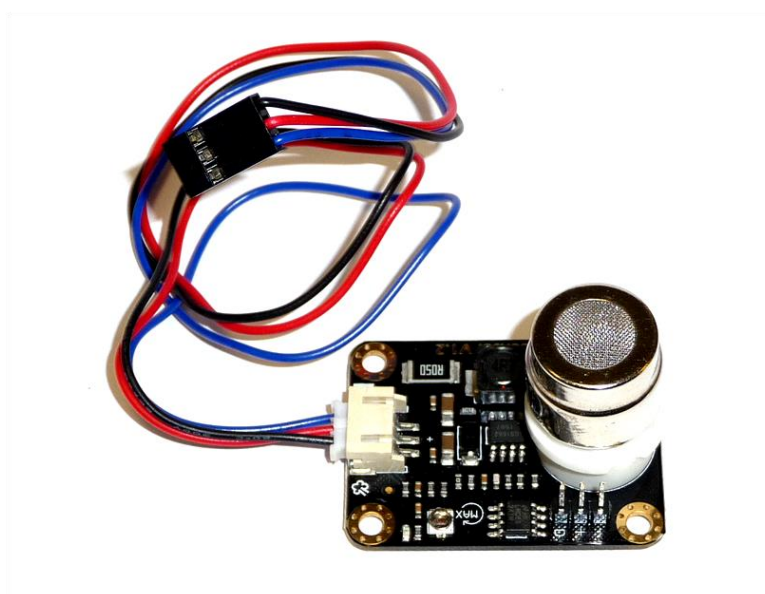


Abb. 3.2: CO<sub>2</sub>-Sensor MG811

Zusätzlich kaufte ich mir noch das LCD-Display LCD12864 und eine Daten-Logger-Shield (siehe Abb. 3.3)

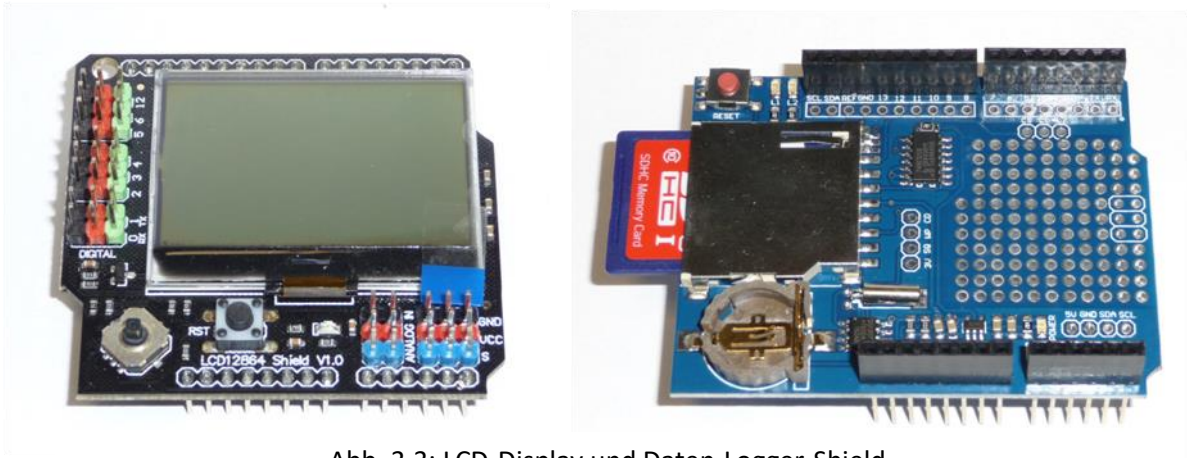


Abb. 3.3: LCD-Display und Daten-Logger-Shield

Zusammengebaut sieht mein CO<sub>2</sub>-Messgerät wie folgt aus (siehe Abb. 3.4). Es kostet zusammen mit dem Arduino Uno ungefähr 100 €.

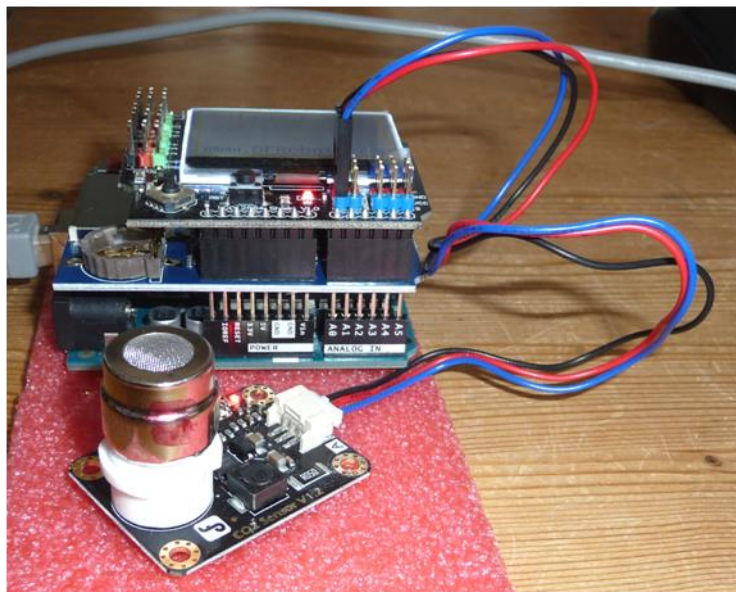


Abb. 3.4: Meine CO<sub>2</sub>-Messapparatur

### 3.2 Erste Messungen

Meine ersten Messungen führte ich nur mit dem CO<sub>2</sub>-Sensor MG811 und dem Arduino Uno durch. Mittels des folgenden Programms zeichnete ich die Werte auf meinem Notebook auf.

```
void setup() {  
    Serial.begin(9600);  
}
```

```
void loop() {
  Serial.println(analogRead(1));
  delay(2000);
}
```

Anschließend übertrug ich die Werte in Excel. An dem Diagramm (Abb. 3.5) erkennt man, dass der CO<sub>2</sub>-Sensor ca. 60 Minuten benötigt, bis sich sein Wert stabilisiert hat. Wahrscheinlich liefert der Arduino Uno einen etwas zu geringen Strom, um den Sensor schnell genug aufzuheizen. Bei meinem CO<sub>2</sub>-Sensor MG811 handelt es sich um einen elektrochemischen Sensor, der eine beheizte Metalloxidschicht enthält. Das CO<sub>2</sub>-Gas beeinflusst den elektrischen Widerstand der gasempfindlichen Sensorschicht.

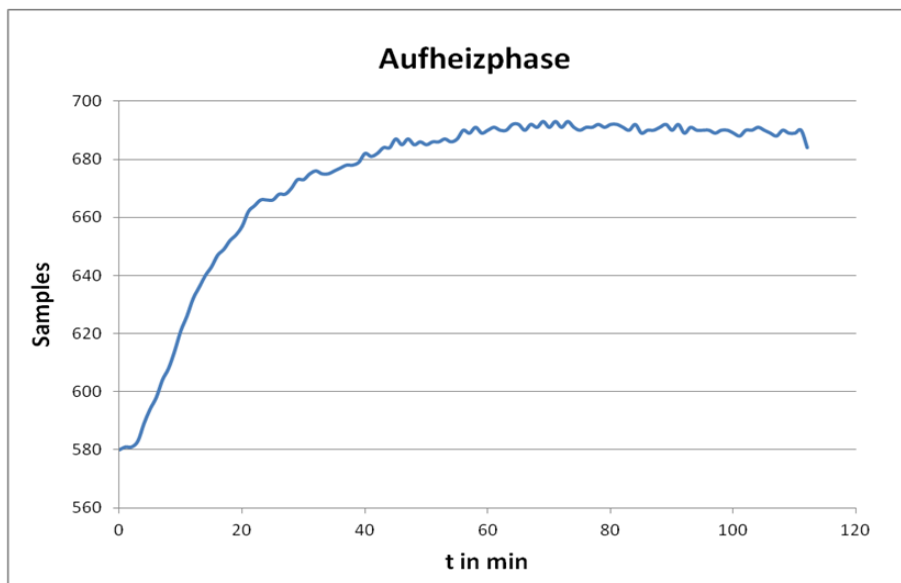


Abb. 3.5: Aufheizphase des CO<sub>2</sub>-Sesnor MG811

Im Vergleich zur Aufheizzeit reagiert der MG811 jedoch sehr schnell auf eine Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Wertes und ist in ca. 3 - 4 Minuten wieder einsatzbereit (siehe Abb. 3.6).

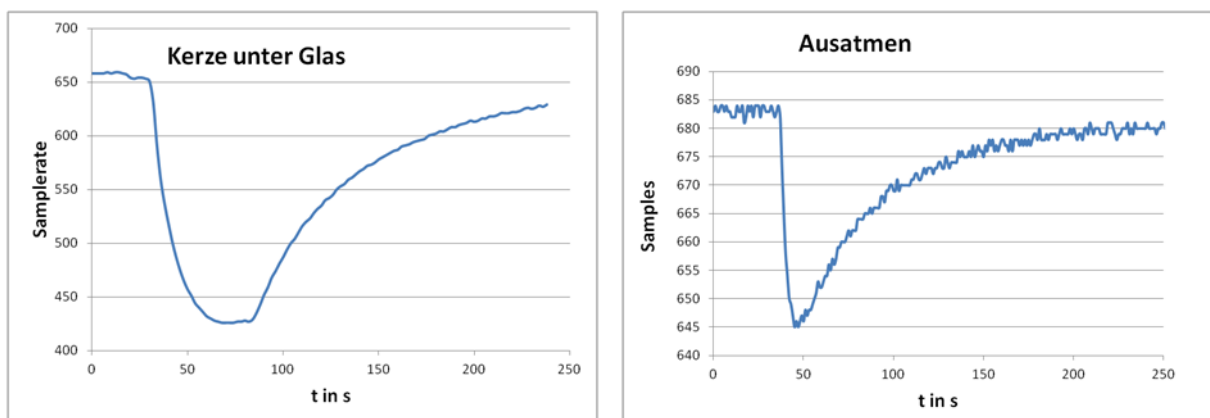


Abb. 3.6: Erste Experimente mit dem CO<sub>2</sub>-Sesnor MG811

Bei den obigen Diagrammen muss man beachten, dass die Ausgangsspannung der Sensoreinheit und damit auch die Samplerate umso geringer ist, je höher der CO<sub>2</sub>-Wert ist. Dies geht auch aus dem Datenblatt des Sensors hervor (Abb. 3.7).

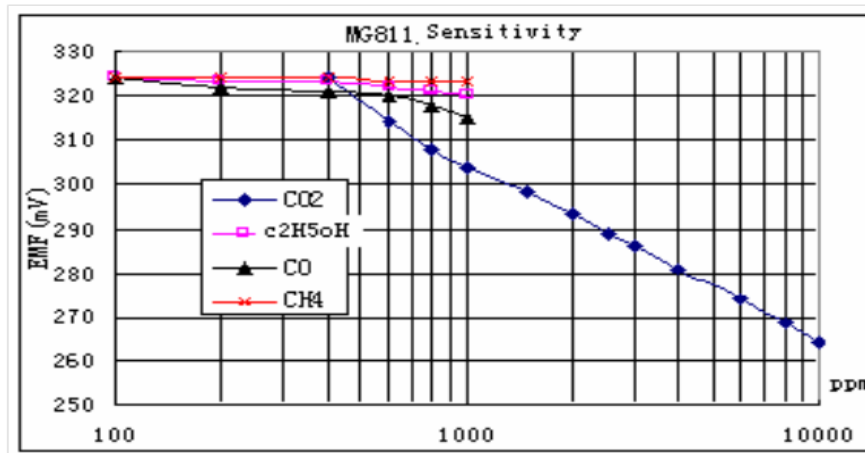


Abb. 3.7: Abhängigkeit der Ausgangsspannung des CO<sub>2</sub>-Sensor MG811 vom ppm-Wert.  
Quelle: Datenblatt CO<sub>2</sub>-Sensor MG811

Wenn man zur Messung der CO<sub>2</sub>-Werte nur den Sensor MG811 und den Arduino benutzt, benötigt man zusätzlich ein Notebook. Für eine Messung an meinem Sitzplatz in meinem Klassenraum oder an meinem Sitzplatz in den Fachräumen ist es jedoch bequemer, wenn ich meine CO<sub>2</sub>-Messapparatur entsprechend Abbildung 3.4 benutze. Als Spannungsversorgung kann ich eine Powerbank benutzen.

Damit die Messwerte auf dem LCD-Display angezeigt und auf der SD-Karte abgespeichert wurden, musste ich jedoch das folgende Programm schreiben.

#### 4. Programmieren des selbstgebauten CO<sub>2</sub>-Messgeräts

Mein selbstgebautes CO<sub>2</sub>-Messgerät sollte in der Lage sein, die Daten meines CO<sub>2</sub>-Sensors auszuwerten und auf einem Display anzuzeigen, bzw. diese auf einer SD-Karte für eine genauere Auswertung zu speichern. Um den CO<sub>2</sub>-Sensor auszulesen und die gemessenen Daten darzustellen bzw. zu speichern verwende ich einen Arduino UNO. Der Arduino UNO ist ein in C++ programmierbarer Mikrocontroller, der die Steuerung von verschiedensten Hardwarekomponenten wie z.B. Sensoren oder Displays erlaubt und sich für mich somit gut für den Bau meines CO<sub>2</sub>-Messgeräts eignet.

Das Programm, welches den Mikrocontroller steuert, habe ich selber mit Hilfe der Arduino Entwicklungsumgebung geschrieben. Die Funktion des Programms ist es, die gemessene CO<sub>2</sub>-Konzentration des Sensors auszulesen und auf dem angeschlossenen Display darzustellen und die Messdaten auch auf einer SD-Karte zu speichern. Jedoch war das Schreiben des Programms mit mehreren Problemen verbunden.

Der CO<sub>2</sub>-Sensor ist leider nur in der Lage, ein analoges Signal zwischen 0V und 5V auszugeben, welches sich jedoch nicht auf einfachem Wege in die entsprechende CO<sub>2</sub>-Konzentration umrechnen lässt. Die gemessene Spannung hängt laut Hersteller des Sensors logarithmisch mit der CO<sub>2</sub>-Konzentration zusammen. Zusätzlich muss aber auch der Sensor kalibriert werden, indem man die ausgegebene Spannung bei zwei bekannten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen misst, welche als Referenzwerte dienen. Nachdem ich die für die Kalibrierung nötigen Spannungswerte gemessen hatte, konnte ich nun eine Funktion schreiben (Abb. 4.1), die mir die CO<sub>2</sub>-Konzentration in PPM aus der am Sensor gemessenen Spannung errechnet. Dazu wird zuerst aus der vom Sensor ausgegebenen Spannung die im Sensor eingebaute Verstärkung herausgerechnet. Danach wird mithilfe der zuvor gemessenen Referenzwerte und dem logarithmischen Zusammenhang die CO<sub>2</sub>-Konzentration in PPM errechnet.

```

1 float getPPM(float voltage)
2 {
3     voltage /= DC_GAIN;
4     return pow(10, (voltage-VOLTAGE_400_PPM)/SLOPE+X_400_PPM);
5 }

```

Abb. 4.1: Berechnung der CO<sub>2</sub>-Konzentration im ppm

Es stellte sich jedoch heraus, dass die vom Mikrocontroller gemessene Spannung kleinen Störungen von außen unterliegt und somit die Messwerte leicht verfälschen wären. Meine Idee, um diese Messfehler zu beheben war es, mehrere Messwerte in kurzen zeitlichen Abständen aufzuzeichnen und dann den Durchschnitt dieser Messwerte zu errechnen. Somit werden für die Messung störende Signale herausgefiltert. Dazu werden in einer Schleife (Abb. 4.2) mehrere Messungen mit einer zeitlichen Verzögerung getätigt und schließlich der Durchschnitt dieser Messwerte zurückgegeben. Wird dieser gefilterte Messwert dann an die Funktion in Abb. 4.1 weitergegeben, so erhält man die genaue CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft.

```

1 float avgRead(int pin, int sampleCount, int sampleDelay)
2 {
3     int voltage = 0;
4     for (int i = 0; i < sampleCount; i++)
5     {
6         voltage += analogRead(pin);
7         delay(sampleDelay);
8     }
9     return (voltage / (float)sampleCount) * 5.0f / 1024.0f;
10 }

```

Abb. 4.2: Schleife zur Berechnung des Durchschnittswertes

Diese Messwerte können dann auf der angeschlossenen SD-Karte gespeichert werden, oder auf dem Display angezeigt werden. Bei der Speicherung auf die SD-Karte wird der Messwert zusätzlich mit einem Zeitstempel versehen, der die vergangene Zeit seit Beginn der Messung angibt, um so eine spätere Auswertung zu ermöglichen. Jedoch entdeckte ich beim Testen dieser beiden Funktionen ein weiteres Problem. Die SD-Karte sowie das Display benutzen das SPI-Interface des Mikrocontrollers zur Ansteuerung, was eine gleichzeitige Ansteuerung der SD-Karte und des Displays unmöglich macht. Zum Speichern der Messwerte auf die SD-Karte muss also das Display deaktiviert werden und beim Benutzen des Displays können gleichzeitig nicht die Messwerte auf die SD-Karte gespeichert werden. Im Moment lasse ich entweder das Display deaktiviert und benutze die auf der SD-Karte gespeicherten Messwerte oder lese die Messwerte vom Display ab, wenn ich gleichzeitig mit meinem gekauften CO<sub>2</sub>-Messgerät (siehe Kapitel 5) messe. Vielleicht kann ich noch eine Lösung entwickeln, die das Speichern und Darstellen der Messwerte gleichzeitig erlaubt.

Der Vergleich mit meinem gekauften CO<sub>2</sub>-Messgerät zeigt, dass die Kalibrierung meines selbstgebautes Messgerätes noch deutlich verbessert werden muss (siehe Abb. 4.3 und 4.4). Die Messungen von Abb. 4.3 und 4 wurden zur gleichen Zeit im gleichen Raum durchgeführt.

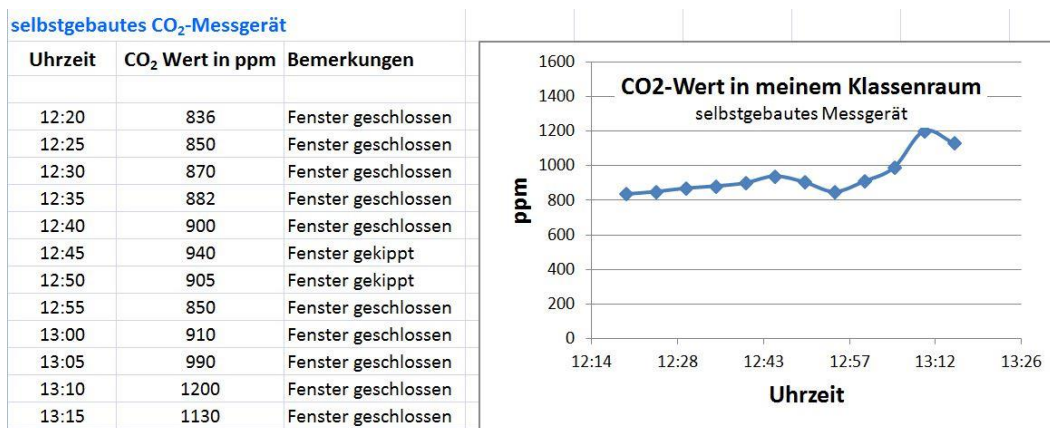


Abb. 4.3: Messung mit meinem selbstgebauten CO<sub>2</sub>-Messgerät

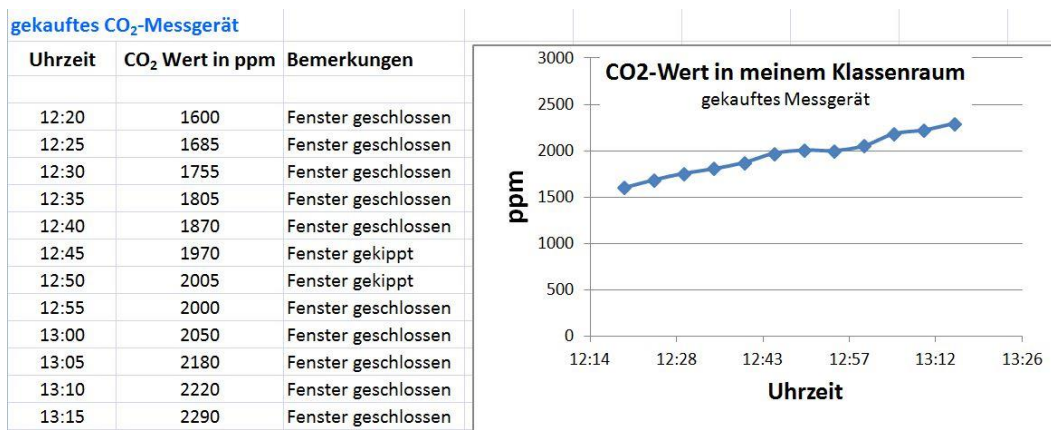


Abb. 4.4: Messung mit meinem gekauften CO<sub>2</sub>-Messgerät

## 5. Messungen mit einem gekauften CO<sub>2</sub>-Datenlogger

Es wäre gut, wenn in jedem Unterrichtsraum die Qualität der Luft kontrolliert würde. Doch ich denke, es ist nicht jeder Lehrer bereit mein CO<sub>2</sub>-Messgerät nachzubauen. Deshalb habe ich mich im Internet nochmal umgesehen, ob es nicht doch ein preiswertes CO<sub>2</sub>-Messgerät gibt. Hierbei bin ich auf das CO<sub>2</sub>-Messgerät AirCO2ntrol mini von der Firma TFA Dostmann gestoßen (siehe Abb. 5.1). Es kostet 68,99 € und besitzt einen Messbereich von 0 - 3000 ppm mit einer Genauigkeit von  $\pm 7\%$  (bis 2000 ppm) und  $\pm 10\%$  bei Messwerten über 2000 ppm. Über einen USB-Anschluss kann es mit der notwendigen elektrischen Energie versorgt werden. Im CO<sub>2</sub>-Messgerät AirCO2ntrol mini befindet sich kein elektrochemischer Sensor, sondern eine Lampe (Infrarotquelle), ein Probenraum, ein Filter ( $\lambda = 4 \mu\text{m}$ ) und ein Infrarotdetektor. CO<sub>2</sub>-Gas absorbiert Infrarotstrahlung der Wellenlänge  $4 \mu\text{m}$ . Je mehr CO<sub>2</sub>-Gas im Probenraum ist, desto weniger Infrarotstrahlung kommt beim Infrarotdetektor an. Da im Datenblatt des AirCO2ntrol mini „Dual Beam NDIR“ steht, schließe ich daraus, dass es zusätzlich noch über einen Probenraum mit einem Referenzgas verfügt.



Abb. 5.1: CO<sub>2</sub>-Messgerät AirCO2ntrol mini mit Powerbank

Da ich erfahren habe, dass Schüler aus der EF sich über die schlechte Luft im Erdkunderaum beklagt haben, bat ich ihre Lehrerin mit dem neuen CO<sub>2</sub>-Messgerät hier eine Messung durchzuführen (siehe Abb. 5.2).

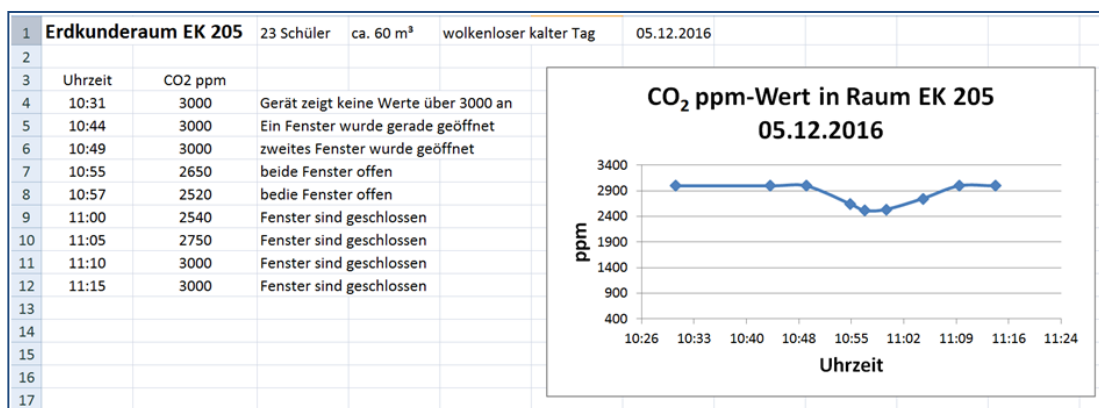


Abb. 5.2: CO<sub>2</sub>-Messung im Erdkunderaum meiner Schule

Das Diagramm in Abbildung 5.2 zeigt, dass die Luft in diesem kleinen Raum noch schlechter ist, als es das neue CO<sub>2</sub>-Messgerät überhaupt anzeigen kann (Maximalwert = 3000 ppm). Eine Kontrollmessung am 19.12.16 bestätigte, dass die CO<sub>2</sub>-Werte trotz zwischenzeitlichem Lüften zu 80% der Unterrichtszeit über 3000 ppm lagen. Kein Wunder, dass sich die Schüler in diesem Raum nicht wohlfühlen. Meiner Meinung nach müsste hier eine automatische Lüftung eingebaut werden.

So kam ich auf meine neue Idee, mittels des CO<sub>2</sub>-Messgerätes AirCO2ntrol mini eine preiswerte automatische Lüftungsanlage zu bauen. Mehr dazu in Kapitel 6.

## 6. Bau einer automatischen Lüftungsanlage

Meine neue Idee war es also eine automatische Lüftungsanlage zu bauen, die den Raum mit Frischluft versorgt, sobald der CO<sub>2</sub>-Wert den ppm-Wert von 1200 überschreitet. Aus diesem Grund kaufte ich eine Funksteckdose mit Fernbedienung (Abb.: 6.1), um so die Lüftungsanlage ein- und auszuschalten.



Abb. 6.1: Funksteckdose mit geschlossener und geöffneter Fernbedienung

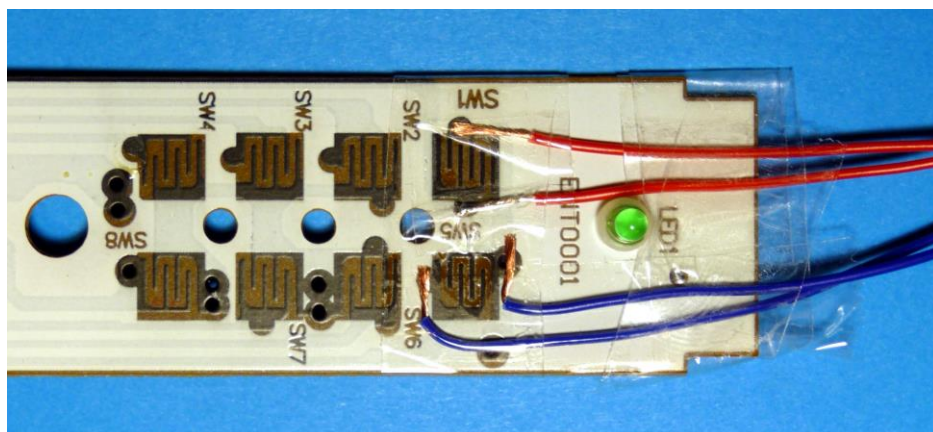


Abb. 6.2: Platine der Fernbedienung

In Abbildung 6.2 sieht man, dass sich unter einer Taste zwei schwarze Leiterbahnen befinden, die elektrisch voneinander getrennt sind. Da die Tasten der Fernbedienung aus leitfähigem Kunststoff bestehen, kann man die beiden Leiterbahnen miteinander verbinden, wenn man eine Taste drückt. Weil das CO<sub>2</sub>-Messgerät keine Tasten drücken kann, musste ich mir eine andere Lösung überlegen.

Das CO<sub>2</sub>-Messgerät besitzt drei verschiedene LEDs. Die grüne LED steht für gute Luft und die rote für schlechte Luft. Diese Funktion habe ich ausgenutzt, um die beiden Leiterbahnen mit Hilfe von Fototransistoren zu verbinden. D.h., wenn die Basis des Fototransistors beleuchtet wird schaltet der Transistor durch und die Fernbedienung sendet ein Signal an die Funksteckdose.

Da man keine Kabel an die schwarzen Leiterbahnen (aus Graphit?) anlöten kann, musste ich mir eine andere Lösung überlegen. Wie man in Abbildung 6.2 sehen kann, habe ich zuerst versucht die Kupferkabel mit Tesafilm anzukleben. Da dies nicht sehr zuverlässig funktionierte, habe ich zusätzlich mit zwei Magneten die Kupferkabel auf die Leiterbahn gepresst (siehe Abb. 6.3).

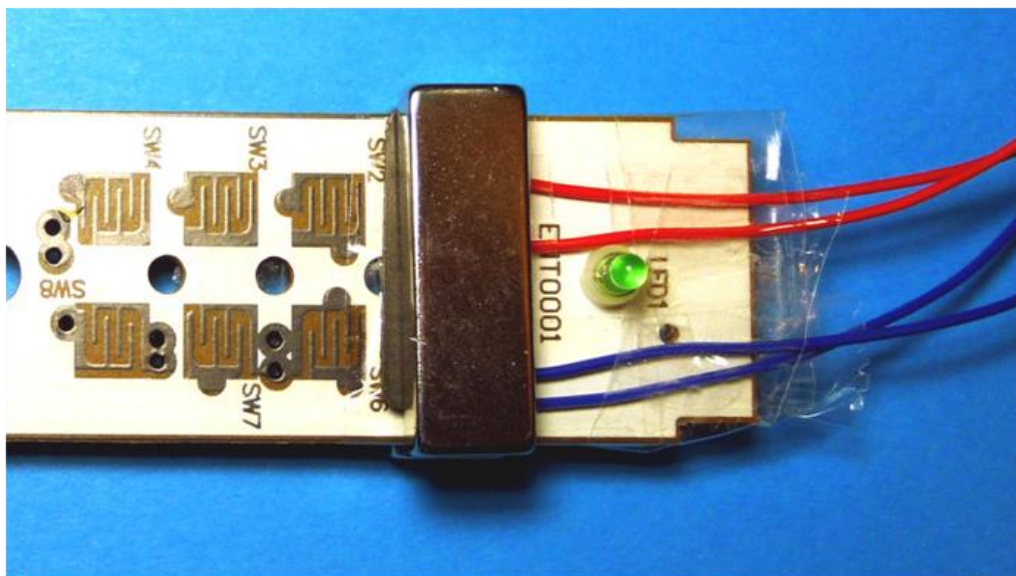


Abb. 6.3: zwei Magnete pressen die Kupferkabel an.

Nachdem ich das Kontaktproblem gelöst hatte, musste ich meine beiden Fototransistoren so anbringen, dass nur das Licht der LEDs auf die Fototransistoren scheint (siehe Abb. 6.4).

Die starken Magneten haben das Kontaktproblem zwar sehr gut gelöst, aber sie bereiten auch Probleme. Das Problem ist, dass die beiden Magnete alle Eisenteile aus ihrer nahen Umgebung anziehen. Um dies zu verhindern habe ich die Fernbedienung mit einem Schwamm umwickelt.

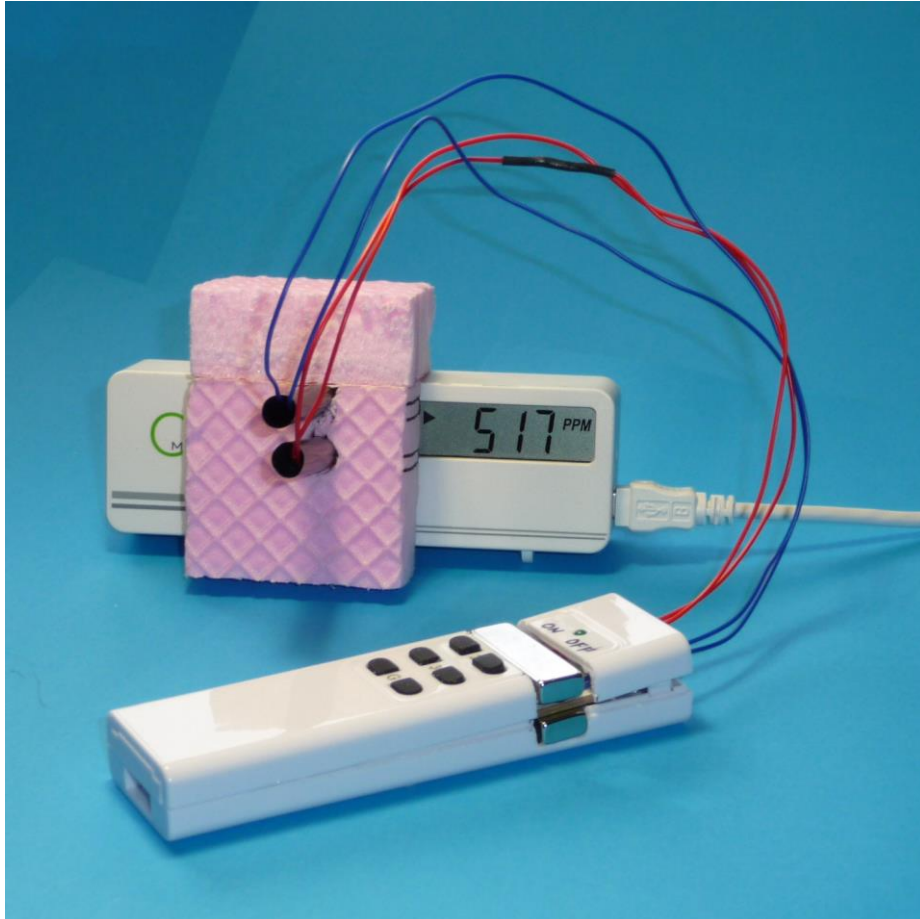


Abb. 6.4: CO<sub>2</sub>-Messgerät mit angekoppelter Fernbedienung.

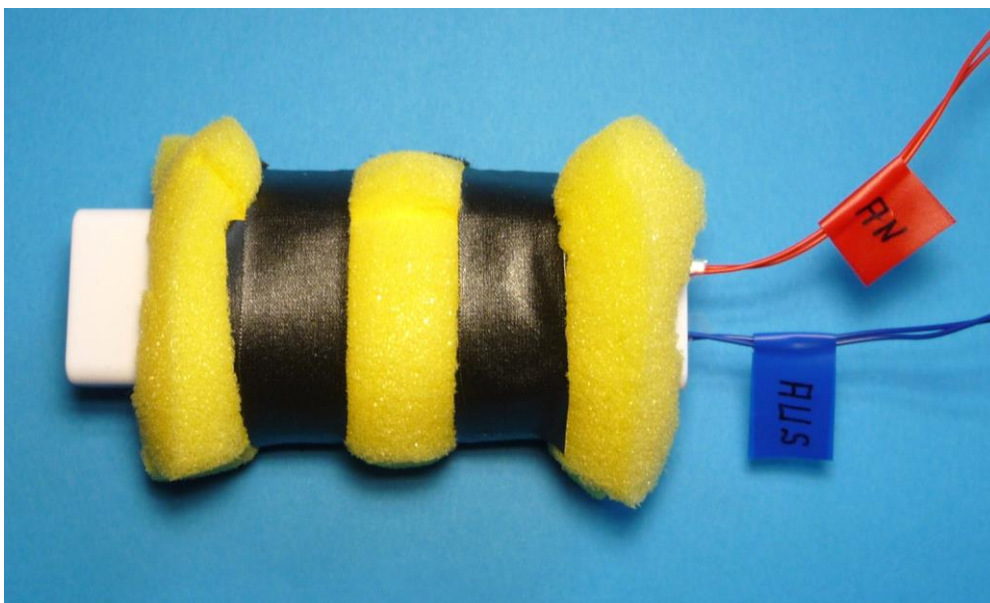


Abb. 6.5: Die umwickelte Fernbedienung.

Weiterhin habe ich mich gefragt, ob es nicht auch möglich ist mit meinem alten CO<sub>2</sub>-Sensor MG811 eine automatische Raumbelüftung zu bauen? Also ohne das weiße CO<sub>2</sub>-Messgerät AirCO2ntrol und ohne Funkfernbedienung und ohne Funksteckdose. Mit einem Relais sollte dies möglich sein, denn mit ihm kann man den Steuerstromkreis vom Laststromkreis trennen. Ich habe mir dazu die folgende Schaltung überlegt (siehe Abb. 6.6). Der Arduino schaltet über einen Transistor das Relais ein und aus, welches dann die Lüfter ein- und ausschaltet. Die in Sperrrichtung geschaltete Diode dient dazu die Induktionsspannung der Relaisspule abzufangen. Der Arduino bekommt die Information, ob er das Relais ein- oder ausschalten soll über den CO<sub>2</sub>-Sensor MG811 (siehe Abb. 6.7 rechts).

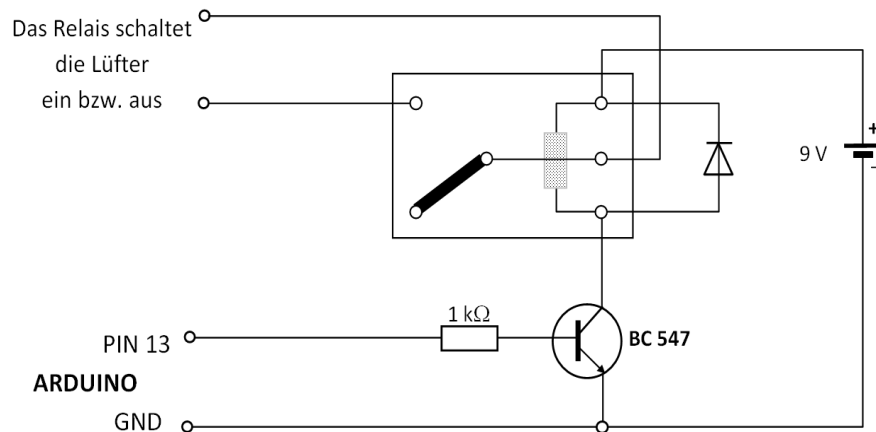


Abb. 6.6: Der Schalplan für die Relaischaltung

Um die obige Schaltung und auch die Schaltungen mit dem weißen CO<sub>2</sub>-Messgerät AirCO2ntrol testen zu können, habe ich aus Holz einen kleinen Klassenraum mit zwei PC-Lüftern gebaut (Abb. 6.7). Mittels eines CO<sub>2</sub>-Sprudlers, der über einen Schlauch mit meinem Klassenraummodell verbunden ist, kann ich einen entsprechend hohen CO<sub>2</sub>-Wert einstellen. Ist der CO<sub>2</sub>-Wert zu hoch, dann saugt ein Lüfter die schlechte Luft aus dem Klassenraum ab und der andere Lüfter bläst frische Luft hinein. Sobald der CO<sub>2</sub>-Wert wieder gering genug ist, schaltet sich die Lüftung wieder aus.



Abb. 6.7: Mein Modellklassenraum. Hinten im linken Bild ist der CO<sub>2</sub>-Sprudler zu sehen. Im rechten Bild sind die Öffnungen für die beiden Lüfter zu sehen.

## 7. Kritischer Ausblick

In meiner Arbeit ist es mir gelungen eine automatische Lüftungsanlage zu entwickeln, die bei zu hohen CO<sub>2</sub>-Werten in einem Klassenraum die Schüler wieder mit frischer Luft versorgt.

Der elektrochemische Sensor MG811 arbeitet sehr zuverlässig, wenn er seine Arbeitstemperatur erreicht hat. Bedauerlicherweise benötigt der MG811 eine relativ lange Aufwärmzeit. Hier könnte ich Abhilfe schaffen, indem ich ihn an eine separate Stromquelle anschließe.

Mein gekauftes CO<sub>2</sub>-Messgerät AirCO2ntrol mini funktioniert mithilfe Infrarot-Technik und ist daher schnell einsatzbereit. Leider kann es nur Messwerte bis 3000 ppm anzeigen. Dieser Wert wird jedoch in manchen Räumen unserer Schule überschritten. Für den Bau meiner automatischen Lüftungsanlage ist es aber auch gut geeignet.

Perfekt wäre eine automatische Lüftungsanlage mit einem Arduino und einem CO<sub>2</sub>-Sensor mit Infrarot-Technik, der Werte bis 5000 ppm messen kann.

## 8. Linkliste

01. **Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft**  
**Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 2008 · 51:1358–1369**  
**DOI 10.1007/s00103-008-0707-2 © Springer Medizin Verlag 2008**  
[https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjZ7sDKpLDRAhWLkSwKHcb2ArYQFgghMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.umweltbundesamt.de%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fmedien%2Fpdfs%2Fkohlendioxid\\_2008.pdf&usq=AFQjCN GSkMslk8rgqdu-k4KfeYef\\_eYqLQ&bvm=bv.142059868,d.bGg](https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjZ7sDKpLDRAhWLkSwKHcb2ArYQFgghMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.umweltbundesamt.de%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fmedien%2Fpdfs%2Fkohlendioxid_2008.pdf&usq=AFQjCN GSkMslk8rgqdu-k4KfeYef_eYqLQ&bvm=bv.142059868,d.bGg)
02. **Dicke Luft in deutschen Klassenzimmern Spiegel ONLINE vom 22. Oktober 2010**  
<http://www.spiegel.de/lebenundlernen/schule/zu-viel-co2-dicke-luft-in-deutschen-klassenzimmern-a-724364.html>
03. **Vernier CO<sub>2</sub>-Sensor**  
[http://www.dynatech.de/vernier-co2-sensor-kohlenstoffdioxidgehalt.html?utm\\_source=1&gclid=CMm9yN3SItECFVUo0wodvCkKIQ](http://www.dynatech.de/vernier-co2-sensor-kohlenstoffdioxidgehalt.html?utm_source=1&gclid=CMm9yN3SItECFVUo0wodvCkKIQ)
04. **Bezugsquelle CO<sub>2</sub>-Sesnor MG811**  
[http://www.komputer.de/zen/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=325](http://www.komputer.de/zen/index.php?main_page=product_info&products_id=325)
05. **Datenblatt CO<sub>2</sub>-Sensor MG811**  
[https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwig67y8obDRAhUFFSwKHV-ODtwQFghDMAA&url=http%3A%2F%2Feph.ccs.miami.edu%2Fprecise%2FGasSensorSpecs%2FCO2.pdf&usq=AFQjCNEI86x0q81scLMc3CQle\\_xx6EI7w&bvm=bv.142059868,d.bGg](https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwig67y8obDRAhUFFSwKHV-ODtwQFghDMAA&url=http%3A%2F%2Feph.ccs.miami.edu%2Fprecise%2FGasSensorSpecs%2FCO2.pdf&usq=AFQjCNEI86x0q81scLMc3CQle_xx6EI7w&bvm=bv.142059868,d.bGg)