

<b>Projekttitle</b>	<b>Plant2Roof: Bestimmung der Photosynthesewerte bei der Dachbegrünung</b>
Wettbewerbsjahr	2022
Wettbewerbsname	Regionalwettbewerb Jülich
Bundesland	Nordrhein-Westfalen
Sparte	Schüler experimentieren
Fachgebiet	Biologie
<b>Teilnehmer 1 / Gruppensprecher</b>	<b>Alexander Wieferink</b> (11 Jahre, 12.06.2010)
Teilnehmer 1 - Schule	Kaiser-Karls-Gymnasium, Aachen
<b>Teilnehmer 2</b>	<b>Emilian Pflaum</b> (12 Jahre, 24.10.2009)
Teilnehmer 2 - Schule	Kaiser-Karls-Gymnasium, Aachen
Erarbeitungsort	Kaiser-Karls-Gymnasium, Aachen
Projektbetreuer	Andreas Kral
Patent	Nein
Projekt mit Tieren	Nein
Projektnummer	93939
Standnummer	Nicht vergeben
Finalisierte Version	Nein

## **Kurzfassung**

In unserem Projekt wollen wir herausfinden, welche Pflanzenarten besonders gut Photosynthese betreiben und auch auf Dächern wachsen können. Wenn viel Photosynthese auch auf den Dächern der Städte stattfindet, sollte es helfen, den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft zu verringern und damit den Klimawandel zu mildern. Wir wollen uns für unser Experiment möglichst viele verschiedene Pflanzenarten anschauen, die in ersten Recherchen einen positiven Eindruck gemacht haben. Dabei müssen wir darauf achten, dass die Pflanze auf Dächern überhaupt wachsen kann, aber auch mit Trockenheit und Staunässe klarkommt. Um herauszufinden, wie gut diese Pflanzen Photosynthese betreiben, stellen wir die verschiedenen Pflanzen in luftdichte und durchsichtige Boxen und messen den CO<sub>2</sub>-Gehalt in den Boxen mithilfe von CO<sub>2</sub>-Sensoren.

In unserem Projekt wollen wir herausfinden, welche Pflanzenarten besonders gut Photosynthese betreiben und auch auf Dächern wachsen können. Wenn viel Photosynthese auch auf den Dächern der Städte stattfindet, sollte es helfen, den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft zu verringern und damit den Klimawandel zu mildern.

Wir wollen uns für unser Experiment möglichst viele verschiedene Pflanzenarten anschauen, die in ersten Recherchen einen positiven Eindruck gemacht haben. Dabei müssen wir darauf achten, dass die Pflanze auf Dächern überhaupt wachsen kann, aber auch mit Trockenheit und Staunässe klarkommt. Um herauszufinden, wie gut diese Pflanzen Photosynthese betreiben, stellen wir die verschiedenen Pflanzen in luftdichte und durchsichtige Boxen und messen den CO<sub>2</sub>-Gehalt in den Boxen mithilfe von CO<sub>2</sub>-Sensoren.

# Plant2Roof

**BESTIMMUNG DER PHOTOSYNTHESEWERTE BEI DER  
DACHBEGRÜNUNG  
ALEXANDER WIEFERINK UND EMILIAN PFLAUM**

Einleitung.....	2
Ziel unserer Arbeit.....	2
Vorgehensweise, Materialien und Methoden.....	3
Vorgehensweise .....	3
Materialien .....	3
Pflanzen.....	3
Phyphox CO <sub>2</sub> Monitor .....	4
Luftdichte Boxen.....	5
Methoden .....	6
Ablauf einer CO <sub>2</sub> -Messung .....	6
Darstellung einer Messung.....	6
Ergebnisse.....	9
Messungen .....	9
Kalanchoe blossfeldiana .....	9
Messung 1 .....	9
Messung 2 .....	10
Zusammenfassung .....	10
Moos .....	11
Messung 1 .....	11
Messung 2 .....	11
Zusammenfassung .....	12
Calluna Vulgaris.....	12
Messung 1 .....	12
Messung 2 .....	12
Zusammenfassung .....	13
Viola wittrockiana .....	13
Viola cornuta.....	13
Vergleich/Ergebnis .....	13
Ergebnisdiskussion.....	14
Zusammenfassung.....	15
Quellen- und Literaturverzeichnis.....	16
Unterstützungsleistungen.....	16

## Einleitung

Die Luft in unserer Heimatstadt Aachen ist leider nicht immer die beste. Aachen liegt in einem Talkessel und ist daher von Luftschadstoffen sehr belastet [1]. Auch in vielen anderen deutschen Städten spielt die Lufthygiene eine zunehmend wichtige Rolle. Schon in allein 65 Städten in Deutschland wurde 2017 der Grenzwert zur Luftverschmutzung überschritten, wie das Umweltbundesamt mitteilte [2]. Gerade die Belastung mit zu viel CO<sub>2</sub> gilt auch als Hautursache des Klimawandels.

Wir wollen uns dafür einsetzen, die Luftverschmutzung zu verringern, indem wir mehr Pflanzen in die Städte bringen. Da es aufgrund der geringen Fläche in der historischen Aachener Innenstadt kaum eine Möglichkeit gibt, Bäume, und damit große CO<sub>2</sub>-Speicher zu pflanzen, soll der Fokus nun auf die Begrünung der sonst leeren Dächer gelegt werden.

### Ziel unserer Arbeit

Unser Ziel ist es, eine Pflanze zu finden, die möglichst viel Photosynthese betreibt, und trotz der robusten Bedingungen auf den Dächern wachsen kann.

Sie muss beispielsweise länger anhaltende Dürreperioden aushalten, aber auch mit langem Regenguss und Staunässe zurechtkommen. Außerdem sollten sie nach Möglichkeit mehrjährig sein, da es nicht praktikabel ist, die Dachpflanzen jedes Jahr neu anzupflanzen (sie sollen also wie Unkraut wachsen). Auch Frost im Winter oder extreme Hitze im Sommer sollte ihnen nichts ausmachen.

Wir recherchieren zunächst nach verschiedenen Pflanzen, die hier in der Gegend wachsen. Dabei nehmen wir vor allem robuste, aber zum Vergleich auch normale Pflanzen.

Nach ersten Recherchen kristallisierte sich bereits das Moos als eine sehr robuste Pflanze heraus, dessen Eignung werden wir unter anderem in diesem Experiment überprüfen.

Für die *Viola cornuta*, die *Viola wittrockiana* und die *Kalanchoe blossfeldiana* haben wir uns entschieden, weil sie sehr schön und leicht zu beschaffen waren.

Die *Caluna vulgaris* eigentlich aus den gleichen Gründen, nur das hier noch hinzukommt, dass diese winterhart ist und viele Jahre alt werden kann.

# Vorgehensweise, Materialien und Methoden

## Vorgehensweise

Bei der Photosynthese wandelt die Pflanze Wasser aus der Erde und CO<sub>2</sub> aus der Luft mithilfe von Sonnenlicht in Traubenzucker und Sauerstoff um (siehe Abbildung + Formel).

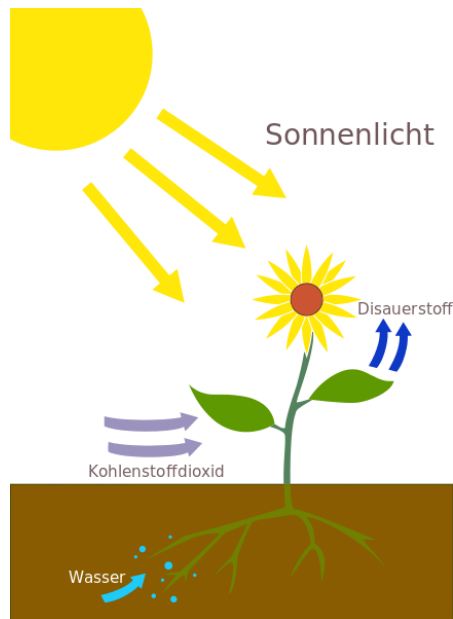
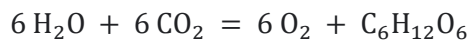


Abbildung 1: Vereinfachtes Schema der Photosynthese (Bildnachweis in [4])

Mit einer CO<sub>2</sub>-Messung messen wir, wie viel CO<sub>2</sub> durch die Pflanze gebunden wird (also wie viel Photosynthese betrieben wird).

Positiv auf die Photosynthese wirkt sich vor allem viel Sonnenlicht aus, aber auch eine ausreichende Wasser- und Kohlenstoffdioxidzufuhr ist wichtig. Als Temperatur ist bei unseren Pflanzen zwischen 10° und 20° Celsius optimal. Negativ auf die Photosynthese wirkt sich demnach vor allem wenig (oder gar kein) Sonnenlicht und geringe Wasser- bzw. CO<sub>2</sub>-Versorgung aus.

Allerdings wird auch ein gewisser Anteil CO<sub>2</sub> (vor allem in der Nacht, da dann die Photosynthese wegfällt) von der Pflanze wieder abgegeben, da sie nämlich selbst atmet. Die Gesamtbilanz soll in diesem Experiment untersucht werden.

## Materialien

### Pflanzen

Wir haben uns mehrere Pflanzen ausgesucht mit denen wir Messungen durchführen. Unten sind diese auch aufgelistet. Und zwar die *Viola wittrockiana*, eine Pflanze die wir ausgewählt haben, weil sie schön anzuschauen ist und bestimmt viele Leute bereit wären, sie auf ihrem Dach anzupflanzen. Allerdings stellte sich heraus das sie nicht sehr robust ist und nur wenig Regen aushält und deshalb schimmelt, weshalb wir sie nach dieser Erkenntnis aus der Liste gestrichen haben. Außerdem ist da noch die *Viola cornuta* die wir aus ähnlichen Gründen ausgewählt haben. Es ist schließlich auch

wichtig wie die Pflanzen aussehen, denn wir wollen Dachbegrünung möglichst attraktiv machen und ein grünes Dach sieht nicht so ansprechend aus, wie eine Blütenpracht. Dann haben wir noch, wie auf Abbildung 3 zu sehen, das Moos. Dieses haben wir gewählt, weil es im Schatten wächst und dementsprechend auch lange Zeit ohne Sonne aushalten kann. Tatsächlich stach es uns, da es sehr robust ist, direkt ins Auge. Auf Abbildung 4 sieht man die *Calluna Vulgaris*. Sie ist winterhart und kommt mit feuchtem Boden sehr gut zurecht. Dann wäre da noch die *Kalanchoe blossfeldiana* die auch sehr schön, aber vor allem auch sehr robust ist. Sie ist leicht zu pflegen und hat schöne Blüten. Natürlich kommt es bei den Pflanzen jetzt besonders auf die Messergebnisse an. Allerdings gibt es auch noch andere Kategorien, die diese Pflanzen zum großen Teil sehr gut bestanden haben, weshalb wir uns für diese fünf unten abgebildeten Pflanzen entschieden haben.

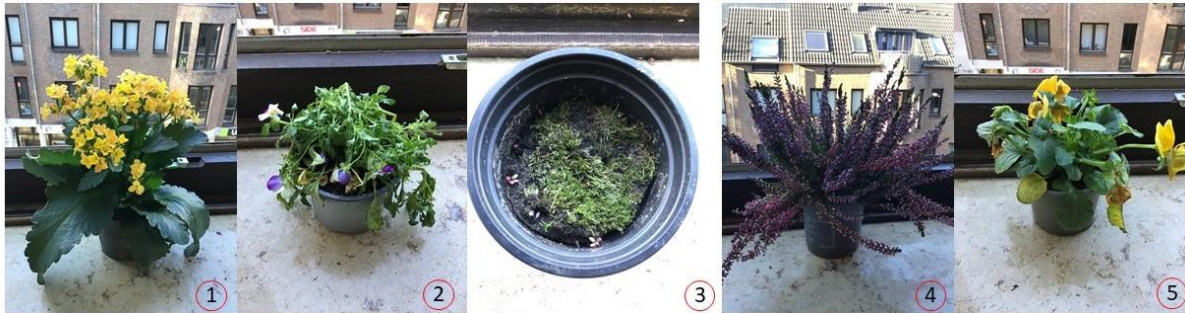


Abbildung 2: Pflanzen (*Kalanchoe blossfeldiana* (1); *Viola cornuta*(2); Moos(3); *Caluna Vulgaris*(4); *Viola wittrockiana*(5))

### Phyphox CO<sub>2</sub> Monitor



Abbildung 3: CO<sub>2</sub>-Sensor

Für die CO<sub>2</sub> Messungen benutzen wir einen Phyphox CO<sub>2</sub> Sensor, der von der RWTH Aachen entwickelt, und dann von einigen unserer Mitschüler zusammengebaut und zusammengelötet wurde. Dieser CO<sub>2</sub>-Sensor ist in der Lage den aktuellen CO<sub>2</sub>-Gehalt, sowie die Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu messen und die Daten über eine Bluetooth-Verbindung an ein mobiles Endgerät zu senden.

In der gleichnamigen App werden die gemessenen Daten angezeigt und in einem Diagramm über der Zeitachse dargestellt.

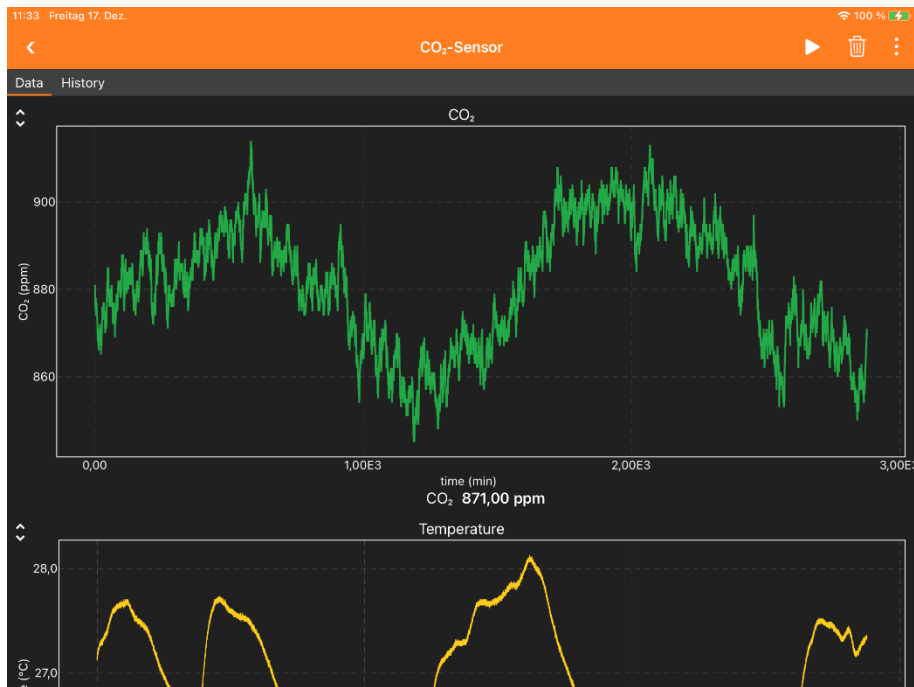


Abbildung 4: Phyphox-App

Damit wir die Daten besser analysieren und miteinander vergleichen können, haben wir sie nach Excel exportiert.

### Luftdichte Boxen

Für unsere Experimente nutzen wir zwei identische, durchsichtige 65 Liter-Boxen von IKEA.



Abbildung 5: Box

Damit sie möglichst luftdicht sind, verschließen wir sie mit je vier Verschlüssen damit das Messergebnis nicht verfälscht wird. Außerdem schmieren wir den Rand der Box mit Schmierfett ein, sodass möglichst wenig Luft durch winzige Ritzen ausgetauscht wird.

## Methoden

### Ablauf einer CO<sub>2</sub>-Messung

Wir führen unsere Messungen auch nachts aus, damit wir auch nachts die Auswirkungen erfassen können.

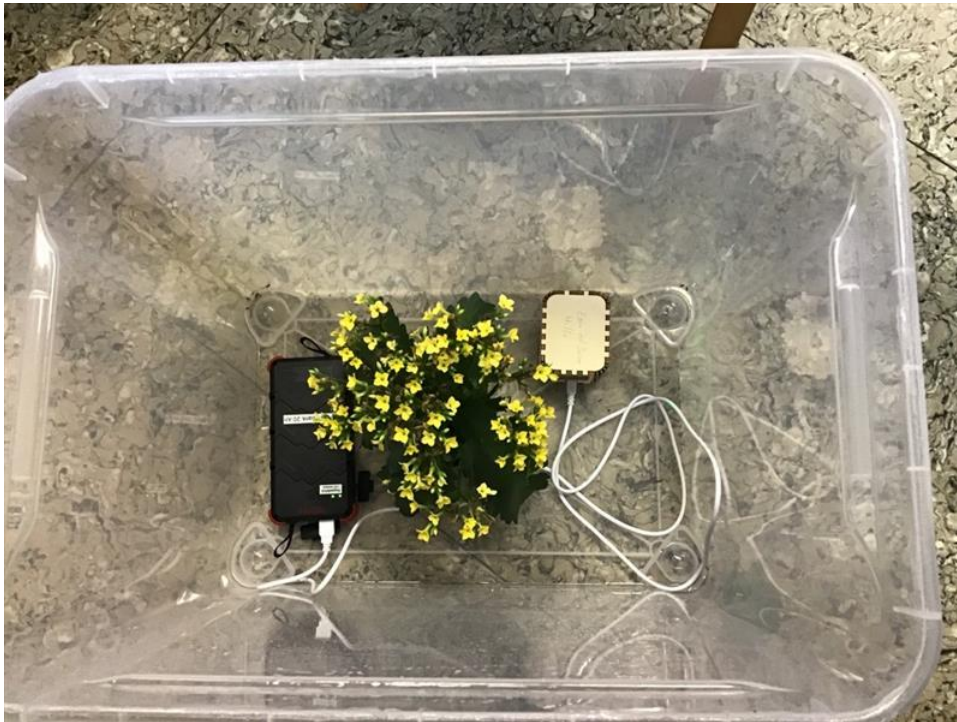


Abbildung 6: Aufbau einer Messung

Vor einer CO<sub>2</sub>-Messung setzen wir die Pflanze in einer *Wasserschüssel* und den CO<sub>2</sub> Sensor mit angeschlossener Powerbank in eine Box (siehe Bild), tragen das Schmierfett auf und schließen den Deckel. Danach werden die Clips angebracht und wir starten die Phyphox-App.

Damit die Messungen vergleichbar sind, also unter gleichen Bedingungen stattfinden, achten wir unter anderem darauf, dass die Messungen immer am selben Ort stattfinden (Fenster an der Südseite des Physikraums der Schule). Außerdem achten wir darauf, dass das Wetter bzw. die Bewölkung an allen Tagen der Messung möglichst gleich ist. Dies überprüfen wir im Nachhinein und benutzen die Messungen nur, wenn das Wetter einheitlich ist.

Nach der Messung exportieren wir die Ergebnisse als Exceldatei.

### Darstellung einer Messung

Nach dem Exportieren öffnen wir die Datei in Excel, die folgendermaßen aufgebaut ist (farbliche Markierungen ergänzt):

1	Time (min)	CO2 (ppm)	Temperature (°C)	Humidity (%)
2	0,0033511	1021	27,22705078	60,93139648
3	0,03668444	1021	27,21369934	60,95275879
4	0,08668444	1021	27,25643158	60,96191406
5	0,12001777	1021	27,22705078	60,92071533
6	0,1533511	1021	27,22705078	60,96343994
7	0,18668444	1021	27,21369934	60,96191406
8	0,23668444	1021	27,21369934	60,95275879
9	0,27001777	1021	27,24307251	60,94818115
10	0,3033511	1021	27,22705078	60,93139648
11	0,33668444	1021	27,24307251	60,96801758
12	0,37001777	1021	27,24307251	60,96801758
13	0,42001777	1021	27,21369934	60,96191406
14	0,4533511	1021	27,24307251	60,94818115
15	0,48668444	1021	27,24307251	60,94818115
16	0,52001777	1021	27,25643158	60,94970703
17	0,57001777	1021	27,25643158	60,93902588
18	0,6033511	1022	27,22705078	60,92071533
19	0,63668444	1022	27,22705078	60,94960352
20	0,67001777	1022	27,22705078	60,93139648
21	0,72001777	1022	27,25643158	60,92681885
22	0,7533511	1022	27,22705078	60,93139648
23	0,78668444	1022	27,22705078	60,96343994
24	0,82001777	1023	27,22705078	60,93139648
25	0,87001777	1023	27,24307251	60,90393066
26	0,9033511	1023	27,24307251	60,96801758
27	0,93668444	1023	27,22705078	60,97564697
28	0,97001777	1023	27,22705078	60,92071533
29	1,02001777	1023	27,21369934	60,95275879
30	1,0533511	1023	27,26978302	60,96343994
31	1,08668444	1023	27,25643158	60,92681885
32	1,12001777	1023	27,24307251	60,93597412
33	1,17001777	1023	27,24307251	60,95733643
34	1,2033511	1023	27,21369934	60,94055176
35	1,23668444	1023	27,24307251	60,92529297
36	1,27001777	1023	27,21369934	60,94055176
37	1,3033511	1024	27,24307251	60,94818115
38	1,3533511	1024	27,22705078	60,93139648
39	1,38668444	1024	27,22705078	60,94360352
40	1,42001777	1024	27,24307251	60,94818115
41	1,4533511	1024	27,24307251	60,94818115
42	1,5033511	1024	27,24307251	60,93597412
43	1,53668444	1024	27,2003479	60,93902588
44	1,57001777	1024	27,22705078	60,95428467
45	1,6033511	1024	27,24307251	60,94818115

Abbildung 7: Aufbau der Excel-Exportdatei

Da die Zeit nach Start der Messung in Dezimalzahlen angegeben ist, lassen wir Excel diese in die "normale" Schreibweise umrechnen, indem wir in Spalte B den Typ "Uhrzeit" eintragen und in Feld B2 die Formel  $= (A2/60)/24$  eintragen:

1	Time (min)	Zeit ab Start	CO2 (ppm)	Temperature (°C)	Humidity (%)
2	0,0033511	00:00:00	1021	27,22705078	60,93139648
3	0,03668444	00:00:02	1021	27,21369934	60,95275879
4	0,08668444	00:00:05	1021	27,25643158	60,96191406
5	0,12001777	00:00:07	1021	27,22705078	60,92071533
6	0,1533511	00:00:09	1021	27,22705078	60,96343994
7	0,18668444	00:00:11	1021	27,21369934	60,96191406
8	0,23668444	00:00:14	1021	27,21369934	60,95275879
9	0,27001777	00:00:16	1021	27,24307251	60,94818115
10	0,3033511	00:00:18	1021	27,22705078	60,93139648
11	0,33668444	00:00:20	1021	27,24307251	60,96801758
12	0,37001777	00:00:22	1021	27,24307251	60,96801758
13	0,42001777	00:00:25	1021	27,21369934	60,96191406
14	0,4533511	00:00:27	1021	27,24307251	60,94818115
15	0,48668444	00:00:29	1021	27,24307251	60,94818115
16	0,52001777	00:00:31	1021	27,25643158	60,94970703
17	0,57001777	00:00:34	1021	27,25643158	60,93902588
18	0,6033511	00:00:36	1022	27,22705078	60,92071533
19	0,63668444	00:00:38	1022	27,22705078	60,94360352
20	0,67001777	00:00:40	1022	27,22705078	60,93139648
21	0,72001777	00:00:43	1022	27,25643158	60,92681885
22	0,7533511	00:00:45	1022	27,22705078	60,93139648
23	0,78668444	00:00:47	1022	27,22705078	60,96343994
24	0,82001777	00:00:49	1023	27,22705078	60,93139648
25	0,87001777	00:00:52	1023	27,24307251	60,90393066
26	0,9033511	00:00:54	1023	27,24307251	60,96801758
27	0,93668444	00:00:56	1023	27,22705078	60,97564697
28	0,97001777	00:00:58	1023	27,22705078	60,92071533
29	1,02001777	00:01:01	1023	27,21369934	60,95275879
30	1,0533511	00:01:03	1023	27,26978302	60,96343994
31	1,08668444	00:01:05	1023	27,25643158	60,92681885
32	1,12001777	00:01:07	1023	27,24307251	60,93597412
33	1,17001777	00:01:10	1023	27,24307251	60,95733643
34	1,2033511	00:01:12	1023	27,21369934	60,94055176
35	1,23668444	00:01:14	1023	27,24307251	60,92529297
36	1,27001777	00:01:16	1023	27,21369934	60,94055176
37	1,3033511	00:01:18	1024	27,24307251	60,94818115
38	1,3533511	00:01:21	1024	27,22705078	60,93139648
39	1,38668444	00:01:23	1024	27,22705078	60,94360352
40	1,42001777	00:01:25	1024	27,24307251	60,94818115
41	1,4533511	00:01:27	1024	27,24307251	60,94818115
42	1,5033511	00:01:30	1024	27,24307251	60,93597412
43	1,53668444	00:01:32	1024	27,2003479	60,93902588
44	1,57001777	00:01:34	1024	27,22705078	60,95428467
45	1,6033511	00:01:36	1024	27,24307251	60,94818115

Abbildung 8: Zeit ab Start berechnen

Danach erstellen wir eine neue Spalte und lassen Excel die Uhrzeit ausrechnen, indem wir die bereits verstrichene Zeit nach dem letzten Wert mit der letzten Uhrzeitwert addieren (Formel für Feld C3: „=(B3-B2)+C2“). Das Resultat sieht man in Abbildung 9.

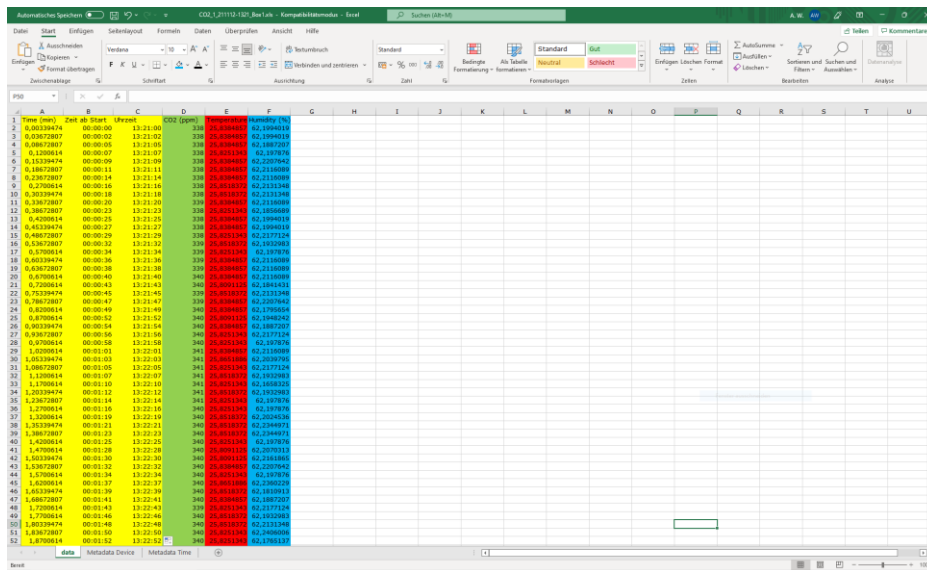


Abbildung 9: Die fertige Ergebnisdatei

Dann erstellen wir mit Excel Diagramme des CO<sub>2</sub> Wertes, um diese später einfacher auswerten zu können. Ein Beispiel sieht man in Abbildung 10.

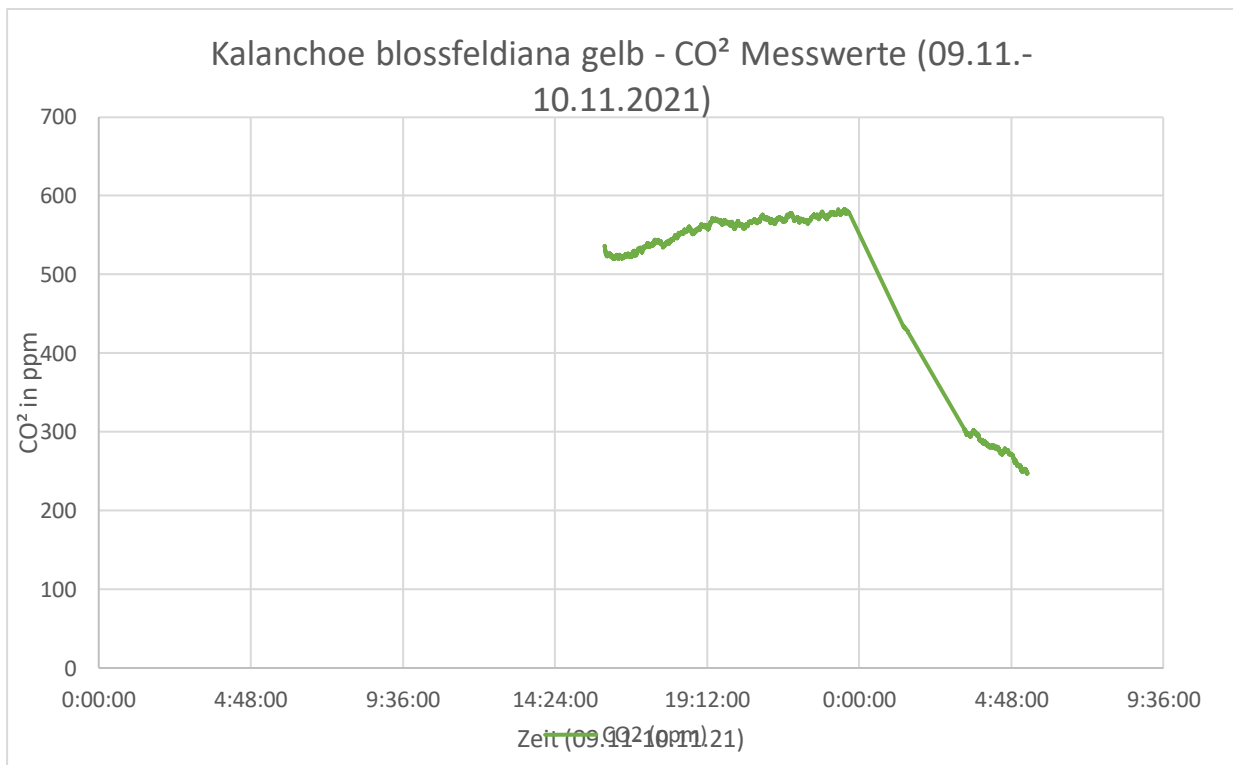


Abbildung 10: Beispieldiagramm

# Ergebnisse

## Messungen

Hier sind nur Messungen aufgeführt, die für unsere Arbeit entscheidend waren.

### Kalanchoe blossfeldiana

#### Messung 1

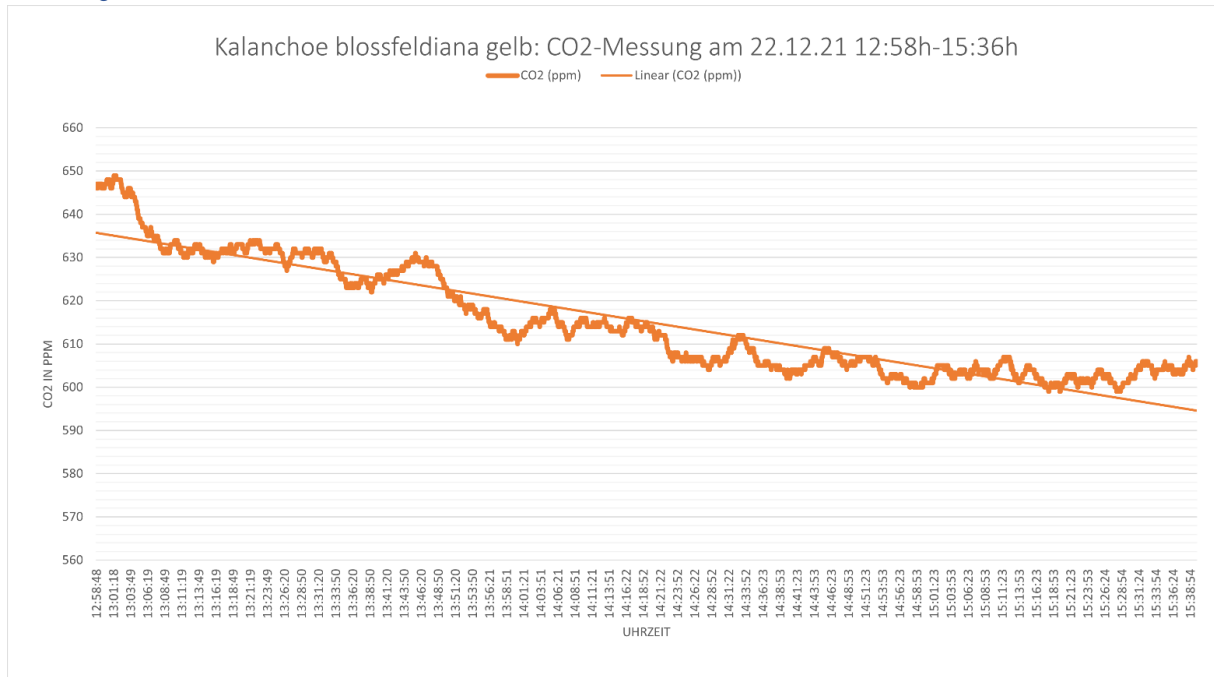


Abbildung 11: Diagramm zur CO2-Messung der Kalanchoe blossfeldiana gelb am 22.12.21

In dieser Messung (siehe Diagramm 11) wurde in etwa 2 Stunden (bis etwa 4 Uhr) der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Box von der Pflanze um fast 50 ppm verringert (Durchschnitt: **-25 ppm in 1h**). Danach blieb der CO<sub>2</sub>-Gehalt relativ konstant, da die Sonne schon langsam sank und so weniger Licht abgab (Sonnenuntergang am 22.12.21 war schon um 16:32). In besten Zeiten (vergleichsweise gutem Sonnenlicht) verringerte die Pflanze den CO<sub>2</sub>-Gehalt in 10 Minuten um etwa 14 ppm (zwischen 13:46h und 13:56h) und sogar **um 19 ppm** (zwischen 13:01 und 13:11).

## Messung 2

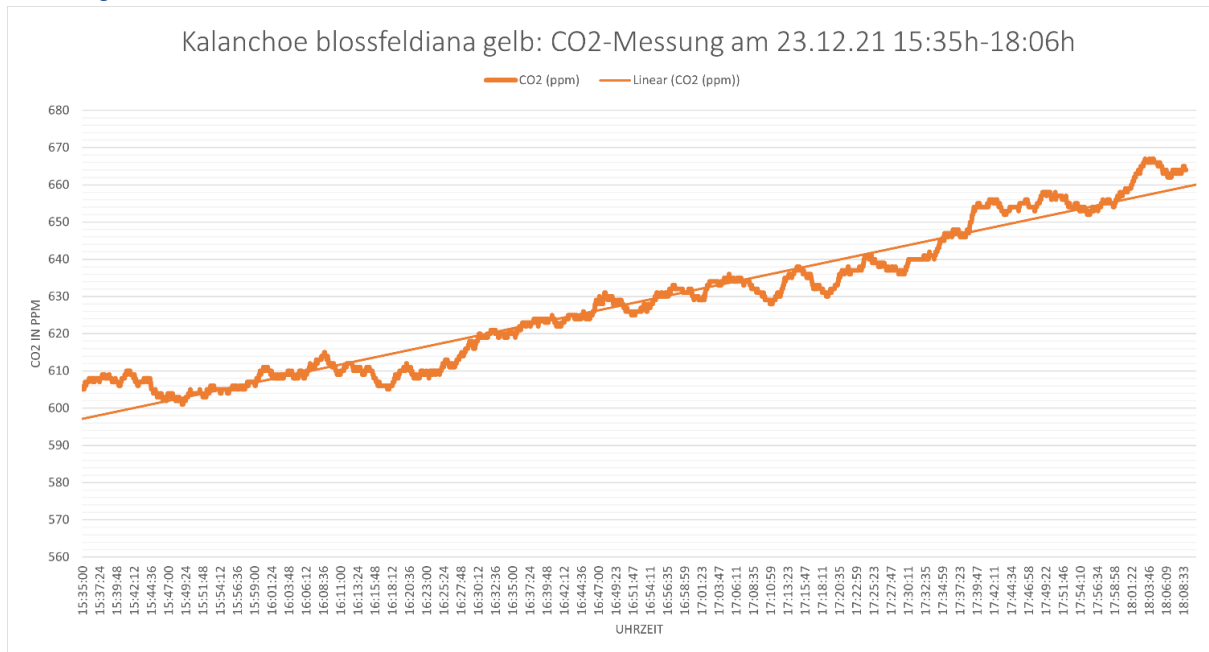


Abbildung 12: Diagramm zur CO<sub>2</sub>-Messung der Kalanchoe blossfeldiana gelb am 23.12.21

In dieser Messung (siehe Diagramm 12) wurde in etwa 2,5 Stunden der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Box von der Pflanze insgesamt um etwa 60 ppm erhöht. Die Pflanze atmete mehr, als Photosynthese zu betreiben. Dabei blieb der CO<sub>2</sub>-Gehalt bis etwa 16:20 Uhr relativ konstant, bis er sich ab dann deutlich erhöhte (in 2h um +60ppm, im Durchschnitt **+30 ppm/h**). Das kann damit begründet werden, dass dann etwa die Sonne unterging [3] und kurz zuvor auch schon sehr wenig Licht abgab.

### Zusammenfassung

Die Kalanchoe blossfeldiana kann im Durchschnitt den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Box netto bis zu 25 ppm in einer Stunde im Winter verringern. Leider kann sie in der Nacht den CO<sub>2</sub>-Gehalt auch um mindestens ebenso viel vergrößern. Durchschnittlich lohnt es sich im Winter also nicht, sie als Dachpflanze zu nutzen.

## Moos

### Messung 1

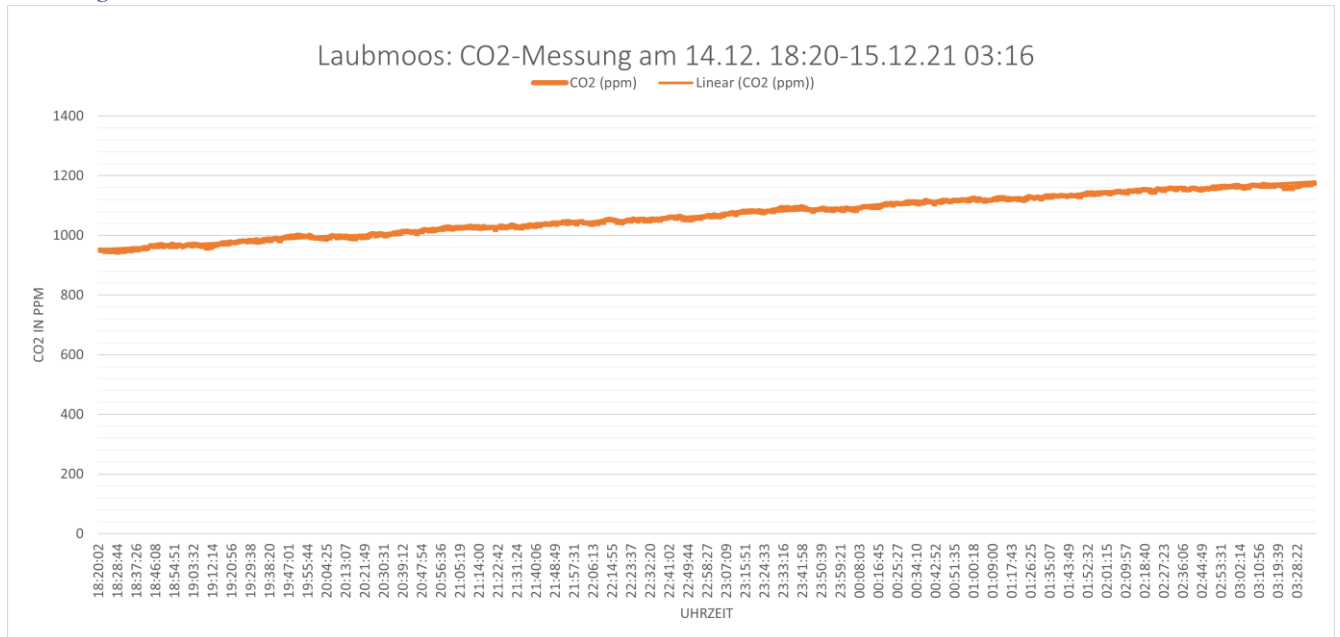
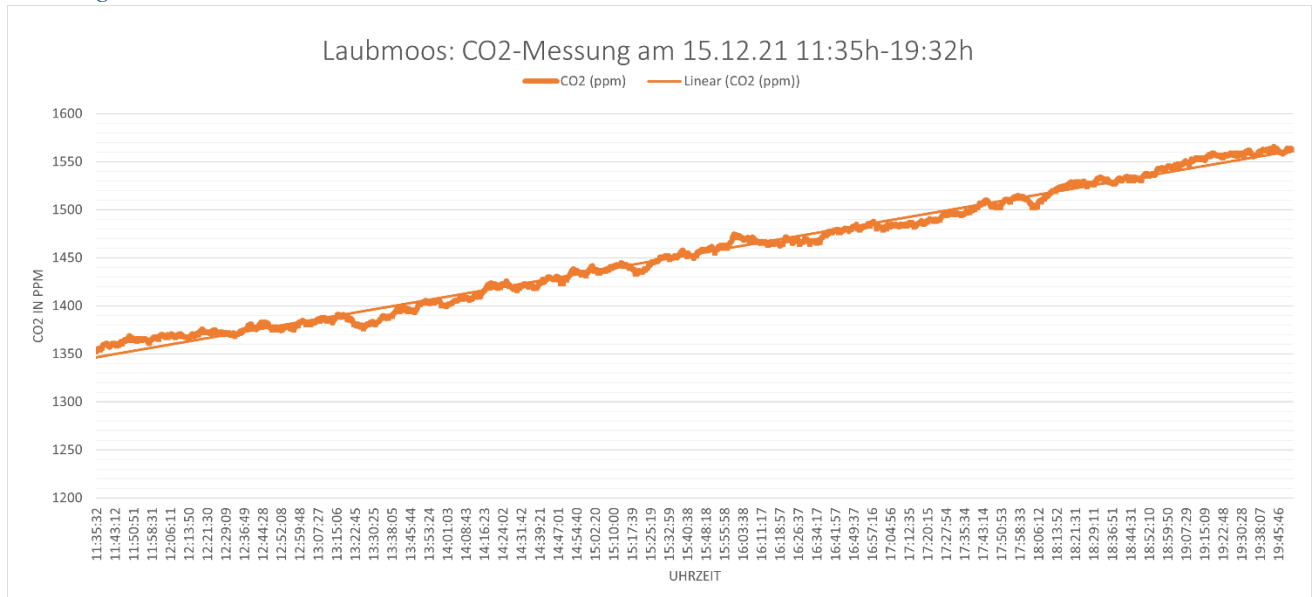


Abbildung 13: Diagramm zur CO<sub>2</sub>-Messung des Mooses am 14.12.-15.12.2021

In dieser Messung wurde der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Box von der Pflanze in 9:10h um 220 ppm erhöht (im Durchschnitt **+24 ppm/h**). Dabei steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt konstant an. Das kann damit begründet werden, dass zu diesem Zeitpunkt die Sonne bereits untergegangen war [3].

### Messung 2



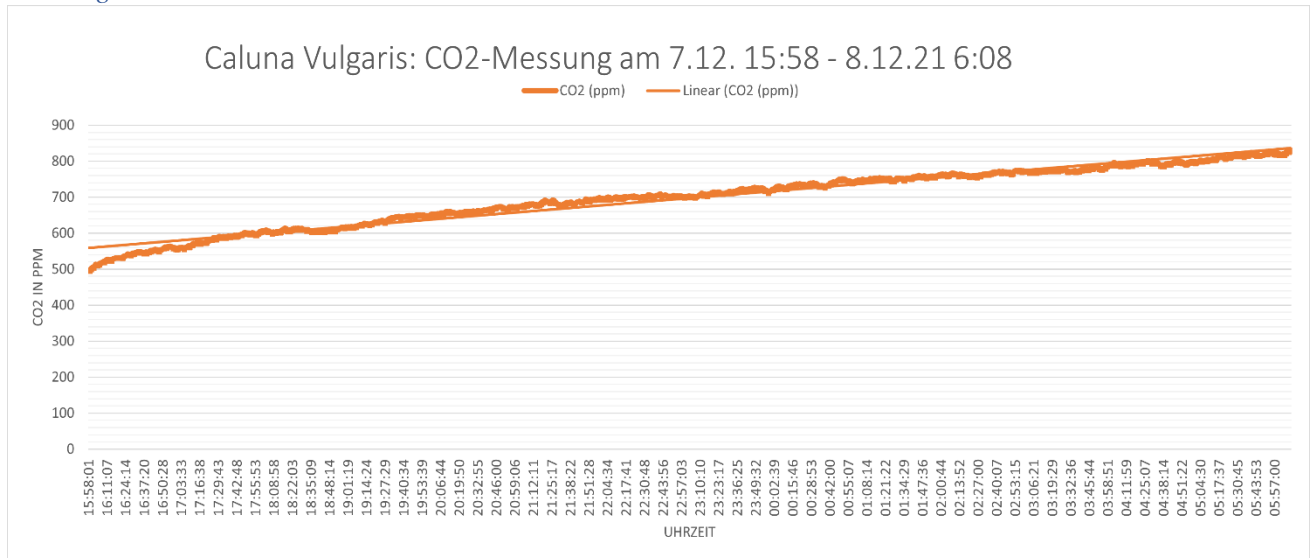
In dieser Messung wurde der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Box in 8:15h von der Pflanze um 220 ppm erhöht. Dabei stieg der CO<sub>2</sub>-Gehalt in den ersten 2 Stunden nur leicht (im Durchschnitt **+15 ppm/h**), danach ging es konstant hinauf. In besten Zeiten (bei vergleichsweise gutem Sonnenlicht) **reduzierte** das Moos den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Box **um 8 ppm in 10min** (zwischen 13:17 und 13:27). Das kann damit begründet werden, dass es in den ersten Stunden noch relativ hell war, bis die Sonne auf 16:30 Uhr zu langsam unterging [3].

## Zusammenfassung

Im Winter schafft das Moos nicht einmal, genug Photosynthese zu betreiben, damit die eigene Atmung der Pflanze (Aufnahme von Sauerstoff, Abgabe von CO<sub>2</sub>) gedeckt werden kann. Es lohnt sich also nicht, das Moos im Winter als Dachpflanze zu nutzen.

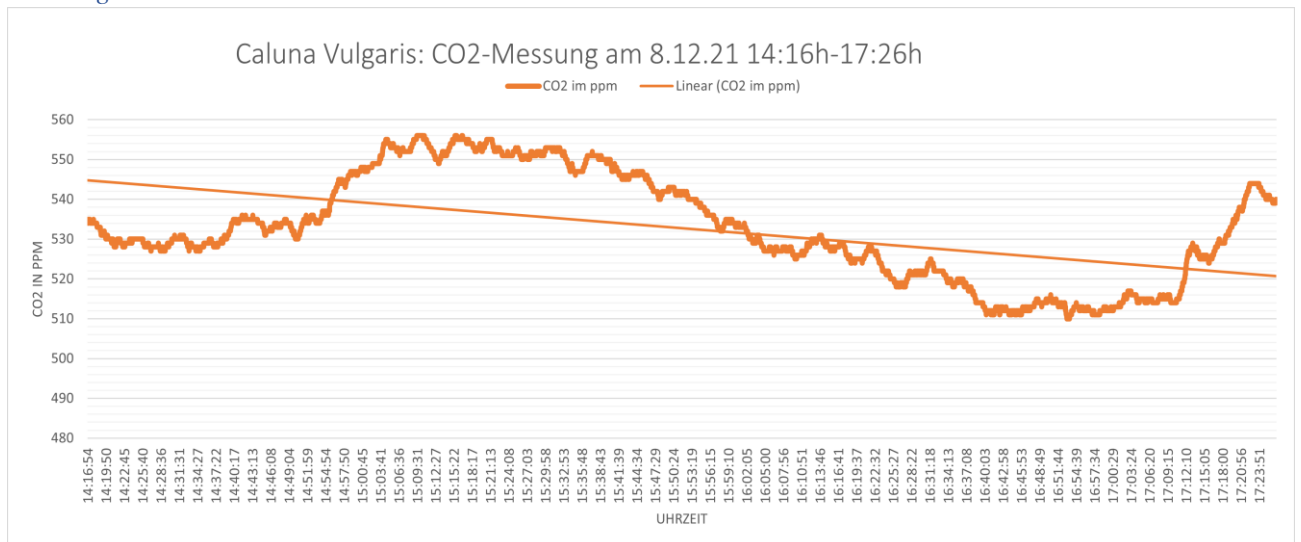
## Calluna Vulgaris

### Messung 1



In dieser Messung wurde der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Box von der Pflanze in 14 Stunden um 320 ppm erhöht (Durchschnitt: **+22 ppm/h**). Dabei steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt relativ konstant an. Das kann damit begründet werden, dass es um diese Zeit schon dunkel war. In den ungünstigsten 10 Minuten vergrößerte die Pflanze den CO<sub>2</sub>-Gehalt um 20ppm.

### Messung 2



In dieser Messung wurde der CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Box von der Pflanze um insgesamt 5 ppm erhöht. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt schwankt stark. Dabei blieb der CO<sub>2</sub>-Gehalt in den ersten 45 Minuten relativ konstant, danach stieg er in 15 Minuten um 222 ppm an, dann blieb er bis etwa 15:35 relativ konstant, dann sank er in 1h um 38 ppm, bis er danach in 15 Minuten wieder um 30ppm stieg. In den 2,5 Stunden, bis die Sonne unterging, verringerte die Pflanze den CO<sub>2</sub>-Gehalt um 24 ppm (Durchschnitt: **-10 ppm/h**). In den besten 10 Minuten (bei starkem und gutem Sonnenlicht um 14:16-14:26 Uhr) sank der CO<sub>2</sub>-Gehalt um bis zu **6 ppm/10min**.

### Zusammenfassung

Auch die *Calluna Vulgaris* schafft es im Winter nicht, ihre eigene Atmung durch Photosynthese auszugleichen.

### *Viola wittrockiana*

Die *Viola cornuta* ist nicht als Dachpflanze geeignet, da sie nach einigen Messungen schimmelte, weil sie offensichtlich keine Staunässe verträgt.

### *Viola cornuta*

Die *Viola cornuta* vertrocknete nach einiger Zeit (als wir sie versehentlich mehrfach nicht gegossen haben), ist also als Dachpflanze auch ungeeignet, weil sie keine Trockenheit verträgt.

### Vergleich/Ergebnis

Hierzu mache ich zum Vergleich eine Tabelle.

<b>Pflanze</b>	<b>Wintertag (Durchschnitt pro Stunde)</b>	<b>Wintertag (Beste 10 Minuten)</b>	<b>Winternacht (Durchschnitt pro Stunde)</b>	<b>Praxistauglichkeit</b>
Kalanchoe blossfeldiana (Calandiva)	-25 ppm/h	Bis zu -19 ppm/10min	+30 ppm/h	Recht robust, grundsätzlich mehrjährig, aber: nach 2-3 Jahren nicht mehr anschaulich
Bryophyta (Moos)	+15 ppm/h	Bis -8 ppm/10min	+24 ppm/h	Sehr anspruchslos, hält jahrelang, kann sich nach Vertrocknung meist regenerieren
Caluna Vulgaris (Besenheide)	-10 ppm/h (stark schwankend)	Bis -6 ppm/10min	+22 ppm/h	Winterhart, hält viele Jahre
<i>Viola</i> wittrockiana (Garten- Stiefmütterchen)	-	-	-	Verschimmelt – zu empfindlich ggü. Staunässe
<i>Viola cornuta</i> (Horn-Veilchen)	-	-	-	Vertrocknet – zu anspruchsvoll

Von den insgesamt 5 Pflanzen sind anfänglich schon 2 ausgeschieden, da sie nicht praxistauglich waren und eingingen. Das Moos ist ebenfalls kein guter Kandidat, da es sogar tagsüber im Durchschnitt mehr O<sub>2</sub> veratmet als es durch Photosynthese erzeugt.

Die beiden anderen Kandidaten haben immerhin tagsüber im Durchschnitt noch einen Gewinn, allerdings liegt der unterhalb von dem, was nachts wieder veratmet wird. Nur in günstigen, kurzen Zeitintervallen schaffen es diese beiden Pflanzen, eine signifikante Photosynthese zu betreiben, wobei *Kalanchoe blossfeldiana* den höchsten Wert erreicht. Dagegen hat *Caluna Vulgaris* eine höhere Praxistauglichkeit.

## Ergebnisdiskussion

Wir haben sämtliche Messungen im Dezember unternommen, was sicherlich ein „Worst Case“ für Photosynthese ist. Im Dezember ist Wintersonnenwende mit minimaler Sonnenscheindauer (Durchschnitt: 3 Sonnenstunden pro Tag im Dezember vs. 10 Sonnenstunden pro Tag im Juli).

Zudem fehlen im Winter gerade die wertvollsten Stunden mit hoher Sonneneinstrahlung, da die Sonne die hohen Positionen am Himmel im Winter gar nicht erreicht.

Deshalb waren keine besonders ertragreichen Ergebnisse zu erwarten. Nur basierend auf diesen Dezemberrmessungen kann keine Empfehlung für irgendeine Pflanze gegeben werden. Es gibt allerdings zwei Kandidaten (*Kalanchoe blossfeldiana* und *Caluna Vulgaris*) die bei neuen Messungen im Sommer, noch einmal genauer angeschaut werden sollten. Das was bei unseren Messungen optimale 10 Minuten waren, schaffen die Pflanzen im Sommer vielleicht über den ganzen Tag (oder sogar noch mehr).

Es wäre also sehr interessant, im Sommer ein Nachfolgeprojekt mit ähnlicher Vorgehensweise durchzuführen, um die wirklich erzielbaren Gewinne zu untersuchen.

## Zusammenfassung

Aufgrund der verringerten Sonnenscheindauer im Dezember, können wir leider keine wirklich guten Ergebnisse vorweisen. Zwei unserer Pflanzen können ungünstige Bedingungen leider gar nicht aushalten, und eine dritte erlitt dadurch kurze Rückschläge. Die *Calluna vulgaris* und das Moos sind recht robust und anspruchslos. Alle Pflanzen atmen aber in der Nacht im Winter mehr Sauerstoff wieder ein als sie am Tag gebildet haben. Für jede Pflanze kurz zusammengefasst wäre das:

- Die *Viola cornuta* vertrocknet bei zu wenig Wasser und ist auch sonst in der Pflege sehr anspruchsvoll.
- Die *Viola wittrockiana* verschimmelt bei zu viel Wasser und kann also keine Staunässe aushalten.
- Das Moos ist robust und anspruchslos und hält eigentlich jedes Wetter aus, und wenn nicht, kann es sich meistens schnell wieder regenerieren. Es atmet allerdings im Winter sogar tagsüber im Durchschnitt mehr Sauerstoff ein als es abgibt.
- Die *Caluna vulgaris* hält viele Jahre und ist außerdem winterhart. Sie atmet aber in der Nacht mehr Sauerstoff wieder ein als sie am Tag gebildet hat.
- Als letztes haben wir dann noch die *Kalanchoe blossfeldiana*, die grundsätzlich ein paar Jahre hält, allerdings schnell unanschaulich wird. Sie hat zwar die besten Photosynthese Werte, atmet aber genau wie alle anderen auch, in der Winternacht mehr Sauerstoff wieder ein als sie am Tag gebildet hat.

Wir nehmen uns vor, im Sommer die zwei vielversprechendsten Pflanzen aus diesem Projekt erneut und noch ein paar andere, neue Pflanzen zu messen und die Ergebnisse unter optimalen Bedingungen nochmal auszuwerten.

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Stadt Aachen: „Luftreinhaltung“, [https://www.aachen.de/DE/stadt\\_buerger/umwelt/luft-stadtklima/luftreinhalteplan\\_umweltzone/luftreinhaltung/index.html](https://www.aachen.de/DE/stadt_buerger/umwelt/luft-stadtklima/luftreinhalteplan_umweltzone/luftreinhaltung/index.html), abgerufen am 12.01.2022
- [2] Spiegel Online: “Stickstoffdioxid-Belastung: Grenzwert in 65 Städten überschritten”, <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/stickstoffdioxid-belastung-grenzwerte-in-65-staedten-ueberschritten-a-1210551.html>, abgerufen am 14.12.2021
- [3] Sunrise-and-Sunset.com: „Sonnenaufgang und Sonnenuntergang Aachen: Dezember 2021“, <https://www.sunrise-and-sunset.com/de/sun/deutschland/aachen/2021/dezember>, abgerufen am 12.01.2022
- [4] Wikimedia Commons: „File:Photosynthese de.svg“, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Fotosynthese\\_de.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Fotosynthese_de.svg), abgerufen am 15.01.2022

## Unterstützungsleistungen

- Andreas Kral, Lehrer am Kaiser-Karls-Gymnasium, Aachen, hat uns bei Themenwahl beraten und uns als Projektbetreuer immer hilfreich zur Seite gestanden.