

Jugend forscht 2010

Arbeitswelt



Thema:

Die Messungen des Kohlendioxid
Gehaltes in Klassenräumen und die
Verbesserung des Raumklimas durch
Pflanzen

Vorgelegt von:

Tabassom Mansourian und Vivian Chan

Februar 2010

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	3
1.1 Grundlagen	3
2. Versuchsaufbau	5
2.1 Eigenschaften der Klassenzimmer und der eingesetzten Pflanzen	5
2.2 Eingesetzte Messgeräte	9
2.2.1 Kohlenstoffdioxid Messgerät	9
2.2.2 Lichtstärken Messgerät	11
3. Versuchsdurchführung	12
3.1 Mit Schüler und mit Pflanzen	13
3.2 Mit Schüler und ohne Pflanzen	13
3.3 Leerer Raum mit Pflanzen	13
3.4 Leerer Raum ohne Pflanzen	13
4. Ergebnisse	14
4.1 Mit Schüler und mit Pflanzen	15
4.2 Mit Schüler und ohne Pflanzen	15
4.3 Leerer Raum mit Pflanzen	16
4.4 Leerer Raum ohne Pflanzen	16
5. Diskussion der Ergebnisse	17
6. Fazit	19
7. Ausblick auf weiterführende Forschungen	19
8. Quellen	20

1. Einleitung

Können Zimmerpflanzen die Denkfähigkeit beeinflussen?

Wer denkt, braucht einen klaren Kopf und gute Luft zum Atmen, sagten sich Tabassom und Vivian die Schülerinnen von der Friedensburg-Oberschule.

Eine Voraussetzung für gute Lernbedingungen in der Schule ist eine daher eine gute Luftqualität und auch ein gesundes Raumklima.

Die Luftqualität hängt maßgeblich vom Gehalt an Kohlendioxid (oder Kohlenstoffdioxid CO_2) in der Raumluft ab. Das CO_2 wird durch die Atemluft der Schüler im Klassenraum produziert. Es wird durch Zufuhr von frischer Luft durch Lüften der Klassenräume wieder entfernt. Doch auch Pflanzen bauen CO_2 ab und können helfen, das Raumklima zu verbessern.

Unsere Aufgabe bestand darin, den Schülern und Lehrern die Höhe der CO_2 -Konzentration im Unterrichtsraum zu veranschaulichen und den Einfluss von Pflanzen zum Abbau des Kohlendioxides zu bestimmen.

Dazu haben wir den CO_2 -Gehalt durch Messung in Klassenräumen mit und ohne Pflanzen bestimmt.

1.1. Grundlagen

Kohlendioxid ist ein natürlicher Bestandteil der Erdatmosphäre. Die Konzentrationen im Freien schwanken zwischen ca. 360 ppm (parts per million = Teile von einer Million / Milliliter Gas pro Kubikmeter Gas) in Reinluftgebieten und ca. 500 ppm in städtischen Gebieten.

Kohlendioxid ist zwar erst ab einer Konzentration von 2,5 Vol % toxisch für den Menschen, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit werden jedoch schon viel früher beeinträchtigt: Kohlendioxid macht schon ab einer Konzentration von 800 ppm (0,08 Vol %) müde!

Kohlendioxid gilt weiterhin als Leitsubstanz für Schadstoffe, die das „Sick-Building-Syndrom“ auslösen können. Es wird angenommen, dass eine verstärkte Lüftung das Auftreten dieser Symptome um 70 bis 85% reduziert.

Bereits 1858 schlug Max von Pettenkofer deshalb für Schulen einen Maximalwert von 1000 ppm Kohlendioxid vor („Pettenkofer-Maximalwert“). Mittlerweile wird durch das Umweltbundesamt der hygienische Richtwert für Innenräume nach DIN 1946-2 von 1500 ppm, auch für Schulräume empfohlen.

In der Tabelle 1 sind einige Beispiele für die Konzentration an Kohlendioxid in unterschiedlichen Umgebungen angeführt:

260 ppm Außenluft in vorindustrieller Zeit, vor 1850
350 ppm heutige reine Außenluft, Tendenz steigend
700 ppm Stadtluft im Freien, für Aufenthaltsräume empfohlen
1000 ppm Pettenkofer-Maximalwert
1500 ppm Luft in schlecht gelüfteten Wohnungen, Grenzwert von Büroräumen
3500 ppm Maximalwerte im Klassenzimmer nach einer Unterrichtsstunde
4300 ppm Maximalwerte im Schlafzimmer, 2 Personen
5000 ppm maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert)
7000 ppm Maximalwerte im Kino, nach einer Vorstellung
20000 ppm Kurzzeit-Maximalwert
40000 ppm Ausatemluft

Tabelle 1: Beispielwerte für Kohlendioxidkonzentrationen

Wenn wir atmen, dann reichern wir die Luft mit CO₂ an: In der normalen Raumluft sind etwa 21 Prozent Sauerstoff und nur 0,03 Prozent CO₂. Unser Atem dagegen enthält nur noch 14 Prozent Sauerstoff, aber 5,6 Prozent Kohlendioxid – dessen Menge hat sich also mehr als ver Hundertfacht. Deshalb wird in Unterrichtsräumen zusätzlich zur Hintergrundkonzentration Kohlendioxid durch die Atmung hinzugefügt: Je mehr Schüler in einer Klasse sind und je älter die Schüler sind, desto mehr CO₂ wird ausgeatmet. Da die Konzentration vom Raumvolumen abhängig ist, steigt in kleinen Klassenräumen dabei die CO₂-Konzentration schneller an, als in größeren Räumen.

Die gesundheitlichen Wirkungen, die im Schulalltag CO₂-bedingt auftreten können, sind die Beschwerden, die bei Frischluftmangel auftreten können: Verminderte Konzentrations- und Leistungsfähigkeit, verstärkte Müdigkeit, erhöhte Geruchswahrnehmung und allgemein vermindertes Wohlbefinden.

Neben CO₂ gibt es aber gelegentlich weitere Luftbelastungen: z.B. Gerüche von Reinigungsmitteln, Körperausdünstungen, Renovierungsgerüche. Gerade wenn Geruchsquellen schwach sind und sich miteinander vermischen, werden sie möglicherweise noch registriert, sind aber nicht mehr eindeutig zu erkennen. Das kann die Lernatmosphäre in Klassenräumen leicht unbehaglich werden lassen.

Die Verbesserung der Luftqualität durch regelmäßiges Lüften ist eine wirksame und zugleich kostengünstige Maßnahme. Allerdings kann durch eine zu lange Lüftung die Temperatur, insbesondere im Winter, zu stark abfallen. Eine andere alternative Methode zur Lüftung und zur Senkung der Kohlendioxidkonzentration, sind die Zimmerpflanzen. Sie erhöhen die Luftfeuchtigkeit, filtern Schadstoffe aus der Raumluft und wirken positiv auf unser Gemüt. Pflanzen bauen bei der Photosynthese das Kohlendioxid ab. Dabei sind die Blattoberfläche, sowie die einfallende Lichtstärke Faktoren, welche den Abbau maßgeblich beeinflussen.

Um die angeführten Wirkungen der Zimmerpflanzen zu erreichen, ist die richtige Auswahl entscheidend. Die jeweiligen Ansprüche der Pflanzen betreffend Licht, Temperatur, Wasserbedarf sind zu berücksichtigen. Je größer die Pflanzen sind, desto besser ist ihre Befeuchtungs- und Reinigungsleistung. Pflanzen mit aktivem Stoffwechsel sind besser für den Schadstoffabbau geeignet. Dazu zählen z. B.: Philodendron (Baumfreund) oder Ficus benjamina (Birkenfeige).

2. Versuchsaufbau

Die Messungen erfolgten in den normalen Klassenräumen im Fachbereich Biologie der Friedensburg-Oberschule Berlin. Es wurden Messungen mit und ohne Schüler, sowie mit und ohne Pflanzen durchgeführt.

2.1. Eigenschaften der Klassenzimmer und der eingesetzten Pflanzen

Es wurden die Messungen in zwei identischen Klassenzimmern durchgeführt.

Der Raum 1 (4.271) ist 9,20 m lang, 8,40 m breit und 3 m hoch. Er hat damit ein Volumen von ca. 230 m³. Ein Kohlendioxid Gehalt von 2000 ppm entspricht dann 46.000 cm³ an CO₂.

In diesem Raum stehen Pflanzen, die fest montiert sind, d.h. sie könnten nur mit hohem Aufwand aus dem Raum entfernt werden.

Im Raum stehen 24 Sitzplätze zur Verfügung. Allerdings sind meist nur 15 - 20 Schüler/innen im Raum.

In diesem Raum erfolgte auch die Messung des Kohlendioxid-Gehaltes durch den Einfluss der Schüler. Es waren 17 Schüler anwesend.

Das Bild 1 zeigt den Klassenraum mit dem Kohlendioxid Messgerät auf der Kante des Schreibtisches in der Mitte des Raumes.



Bild 1: Klassenraum 1

In diesem Raum standen folgende Pflanzen:



Bild 2: Übersicht über die im Raum 1 stehenden Pflanzen

Alle Pflanzen zusammen haben grob geschätzt eine Oberfläche von ca. 2,5m².

Beispiel Bilder von einzelnen Pflanzen:



Bild 3: *Monstera deliciosa* (1,4 m²)

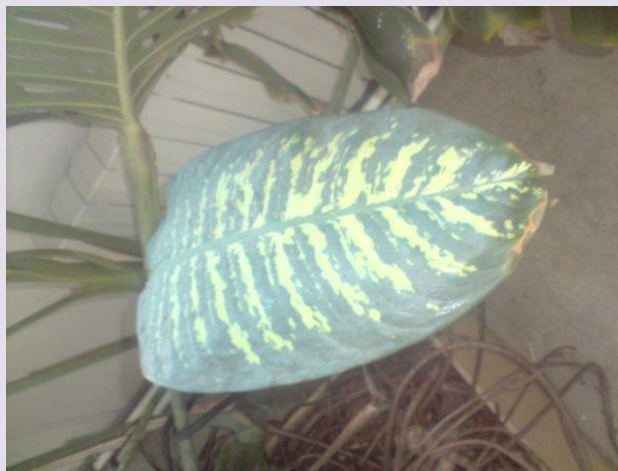


Bild 4: *Dieffenbachia seguine* (0,4 m²)



Bild 5: *Crassula arborescens* (0,1 m²)



Bild 6: Oleander (0,2 m²)

Weitere kleine Pflanzen haben zusammen eine Blattoberfläche von ca. 0,4 m².

Da diese Pflanzen im Raum 1 stationär am Fenster stehen und nicht entfernt werden konnten, wurde ein zweiter Raum ohne Pflanzen gewählt. Dieser Raum 2 (4.274) ist genauso groß wie der andere Raum (4.271).

In diesem Raum konnte auch der Anstieg von CO₂ durch Schüler ohne den Einfluss von Pflanzen gemessen werden.

Für die Messungen mit Pflanzen wurden in diesen Raum, auf einem Wagen (s. Bild 7), folgende Pflanzen in die Mitte des Raumes gefahren. Diese beiden Pflanzen hatten eine Blattoberfläche von zusammen ca. 1,7 m².



Bild 7: Pflanzen auf dem Wagen für Raum 2

Der Großteil der Blattoberfläche dieser beiden Pflanzen macht der Ficus Lyrata aus (Bild 8).



Bild 8: Ficus Lyrata (1,5 m²)

Die Bestimmung der Pflanzen erfolgte mit dem Buch: Blattpflanzen für jede Wohnung (s. Quelle 1)

2.2. Eingesetzte Messgeräte

Für unsere Messungen standen uns ein Gasmessgerät zur Bestimmung des Kohlendioxidgehaltes und ein Messgerät zur Bestimmung der Lichtstärke zur Verfügung.

2.2.1. Kohlenstoffdioxid Messgerät

Unser Kohlenstoffdioxid Messgerät ist ein transportables Gerät, welches unter verschiedenen Namen angeboten wird. Auf unserem Gerät steht Air CO₂ntrol 3000. Durch Recherche im Internet fanden wir heraus, dass dieses Gerät von der Firma ZyAura in Taiwan (www.zyaura.com) produziert wird und dort die Bezeichnung ZG106 trägt.

Das Bild 9 und 9a zeigt das eingesetzte Messgerät.



Bild 9: Kohlendioxid Messgerät



Bild 9a: Kohlendioxid Messgerät (Firmen Foto der Fa. ZyAura)

Auf den beiden Bildern (9 / 9a) sind unterschiedliche Aufkleber zu erkennen, doch handelt es sich im Prinzip um identische Geräte.

Das Kohlendioxid wird in diesem Gerät mittels NDIR (Nicht dispersive Infrarot) Messung bestimmt. Das nicht dispersive Infrarotmessverfahren (NDIR) basiert auf der stoffabhängigen Strahlungsadsorption von Gasen. Der prinzipielle Aufbau eines NDIR-Messgerätes ist im Bild 10 dargestellt.

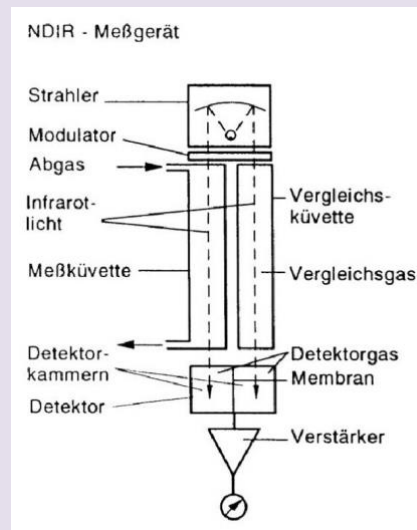


Bild 10: NDIR Messprinzip

Von einem Strahler emittierte Infrarot-Strahlung durchsetzt eine vom zu analysierenden Abgas durchströmte Messküvette, und eine baugleiche Vergleichsküvette. Letztere ist mit einem Inertgas (z.B. Stickstoff) gefüllt, welches keine Strahlung in dem interessierenden Spektralbereich absorbiert. Das aus beiden Küvetten austretende Licht fällt auf einen aus zwei Kammern bestehenden Detektor, die Kammern sind nur durch eine Membran voneinander getrennt. Die beiden Detektorkammern werden mit der zu messenden Abgaskomponente, beispielsweise CO_2 befüllt. Sie erwärmen sich infolge der unterschiedlichen Intensität der Infrarotstrahlung ungleichmäßig, wodurch es zu einem Druckunterschied zwischen den Kammern kommt. Der Druckunterschied resultiert in einer Verformung der Membran zwischen den Kammern. Diese Verformung wird mit spezieller Sensorik gemessen, und es ergibt sich somit ein Vergleichswert für den Absorptionsgrad der emittierten Strahlung, der der Konzentration an Kohlendioxid entspricht.

Die Außenluft wird durch die Messküvette des Gerätes gepumpt. Dabei kann ein Gasdurchfluss durch die Messzelle zwischen 50 und 200 ml/min eingestellt werden. Der Messbereich reicht bis 3000 ppm und hat eine Abweichung von ± 50 ppm. Die Wiederholbarkeit einer Messung liegt bei 20 ppm. Zusätzlich misst das Gerät unabhängig von der Kohlendioxidkonzentration auch die Temperatur. Ein eingebauter Datenlogger zeichnet 48 Messwerte in 24 h auf und speichert diese ab. So können Versuchsmessungen über 24 h laufen. Die Messwerte können über ein RII Protokoll von einem Computer ausgelesen und mit spezieller Software bearbeitet werden. Leider stand uns diese Möglichkeit nicht zur Verfügung. Über eine Menüsteuerung können die verschiedenen Parameter, wie Alarmschwelle, Kalibrierung, sowie Maximum- und Minimum Werte eingestellt werden.

2.2.2. Lichtstärken Messgerät

Da der Abbau von Kohlendioxid durch Pflanzen stark vom Lichteinfall abhängt, wurde die Lichtstärke mit einem Luxmeter bestimmt. Mit dem Luxmeter, wird unabhängig von Ausdehnung und Richtung der Lichtquelle, gemessen, wie hell es am Messpunkt ist. Dies ist die Beleuchtungsstärke.

Der einfallende Lichtstrom pro Flächeneinheit wird in der Einheit lux angegeben. Als Messzelle dient beim Luxmeter eine Silicium-Photodiode. Das Lux-Meter hat die Bezeichnung: Panlux electronic und stammt von der Firma Gossen.

Das Bild 10 zeigt das Lichtstärken Messgerät.



Bild 10: Lux-Meter

Mit dem Luxmeter wurden die Beleuchtungsstärken direkt an der Blattoberfläche erfasst (siehe Bild 11).

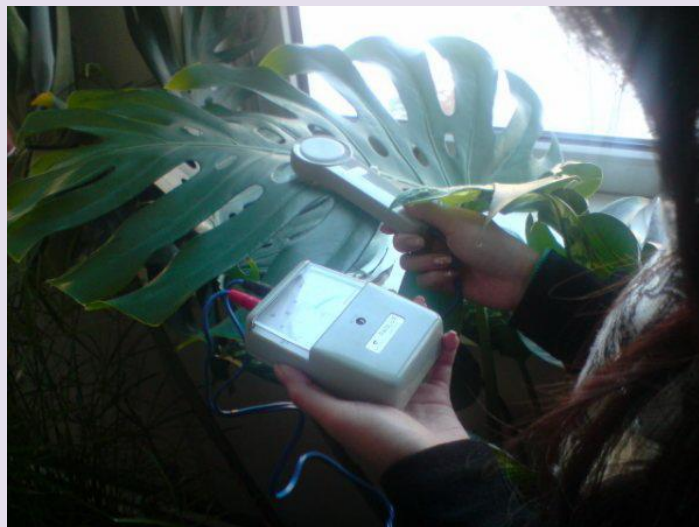


Bild 11: Messung der Beleuchtungsstärke

3. Versuchsdurchführung

Wir haben in den Unterrichtsräumen den CO₂ Gehalt in Abhängigkeit von der Zeit gemessen.

Dabei stand das Kohlendioxidmessgerät an einer festen Stelle auf einem Schreibtisch in der Mitte des Raumes.

Die Temperaturmessung erfolgte auch mit dem Thermometer, welches im Kohlendioxidmessgerät eingebaut ist.

Der Grundwert an CO₂ wurde außerhalb der Klasse gemessen und es waren 444 ppm und im Klassenraum 550 ppm. Nur durch sehr lange Lüftung könnte der Grundwert der Umgebung von 444 ppm im Klassenraum erreicht werden.

Da es schwierig war, immer die gleichen Konzentrationen an Kohlendioxid in den Klassenräumen durch die Schüler herzustellen, wurde die Anwesenheit von Schülern durch das Einblasen von Kohlendioxidgas aus einer Gasstahlflasche simuliert. Es wurde solange Kohlendioxid eingeleitet, bis ein Anfangswert von ca. 2500 ppm vorhanden war.

Das Bild 12 zeigt die eingesetzte Gasstahlflasche.



Bild 12: Eingesetzte Kohlendioxidgasstahlflasche

3.1. Mit Schüler und mit Pflanzen

Im Unterrichtsraum 1 wurden am Anfang Februar während des Unterrichts von 9:50 Uhr bis 11:10 Uhr den Kohlendioxid Gehalt gemessen. Damit wurde die Produktion von Kohlendioxid durch die Schüler bestimmt.

Es waren 17 Personen des Biologie Leistungskurs 12. Jahrgang, während des Unterrichtes anwesend.

Die Temperatur im Unterrichtsraum betrug 19 Grad Celsius.

Es wurde eine Lichtstärke vom einfallenden Tageslicht auf der Blattoberfläche von 1500 lux gemessen. Ohne künstliche Beleuchtung (Leuchtstoffröhren) liegt die Lichtstärke in der Mitte des Klassenraumes bei 500 lux. Werden die Leuchtstofflampen angeschaltet, kommen wir auf eine Beleuchtungsstärke von 3000 lux.

3.2. Mit Schüler und ohne Pflanzen

Im Raum 2 wurde bei einem anderen Kurs und mit gleicher Schülerzahl wurde von 12:15 Uhr bis 13:00 Uhr den Kohlenstoffdioxidgehalt ohne Pflanzen im Unterrichtsraum gemessen.

Die Temperatur betrug 19 Grad Celsius.

Da keine Pflanzen im Raum waren, ist die Beleuchtungsstärke von 3000 lux der Grundwert für den Unterricht.

3.3. Leerer Raum mit Pflanzen

Es wurde der Raumluft, im Unterrichtsraum 2, Kohlenstoffdioxid gasförmig hinzugefügt. Im Raum befanden sich keine Schüler. Der Versuch begann gegen 9.00 Uhr und dauerte bis gegen 15.30 Uhr. Damit wurde der Abbau von Kohlendioxid durch die Pflanzen bestimmt.

Die Raumtemperatur betrug ca. 15 Grad Celsius.

Der Wagen mit den Pflanzen stand direkt unter den Leuchtstoffröhren mit einer Lichtstärke von 3000 lux an der Blattoberfläche.

3.4. Leerer Raum ohne Pflanzen

In dem gleichen Raum 2 wurde wieder gasförmig Kohlendioxid hinzugefügt. Es waren keine Pflanzen im Raum. Der Versuch dauerte wieder etwa 6 Stunden.

Die Raumtemperatur betrug ca. 16 Grad Celsius.

4. Ergebnisse

In der Tabelle sind die von uns gemessenen Werte an Kohlendioxid entsprechend den unterschiedlichen Versuchsanordnungen aufgeführt:

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1) Leerer Raum mit Pflanzen (3.3) | 3) Mit Schüler ohne Pflanzen (3.2) |
| 2) Leerer Raum ohne Pflanzen (3.4) | 4) Mit Schüler mit Pflanzen (3.1) |

	1)	2)		3)		4)
Zeitabschnitt	ppm	ppm	Zeit	ppm	Minuten	ppm
0:30	1805	1785	9:50	1260	15	1780
1:00	1645	1675	10:00	1615	30	2270
1:30	1500	1585	10:10	1815	45	2840
2:00	1405	1515	10:20	1930		
2:30	1330	1455	10:30	2030		
3:00	1270	1390	10:40	2210		
3:30	1175	1360	10:50	2420		
4:00	1125	1300	11:00	2560		
4:30	1080	1265	11:10	2720		
5:00	1030	1225				
5:30	957	1195				
6:00	916	1165				
6:30	891	1130				
7:00	865	1085				
7:30	846	1075				
8:00	798	1055				
8:30	782	1030				
9:00	767	1010				
9:30	710	993				
10:00	712	958				
10:30	700	937				
11:00	692	920				
11:30	680	894				
12:00	658	885				
12:30	628	859				
13:00	631	829				
13:30	617	831				

Tabelle 2: Messwerte

4.1. Mit Schüler mit Pflanzen

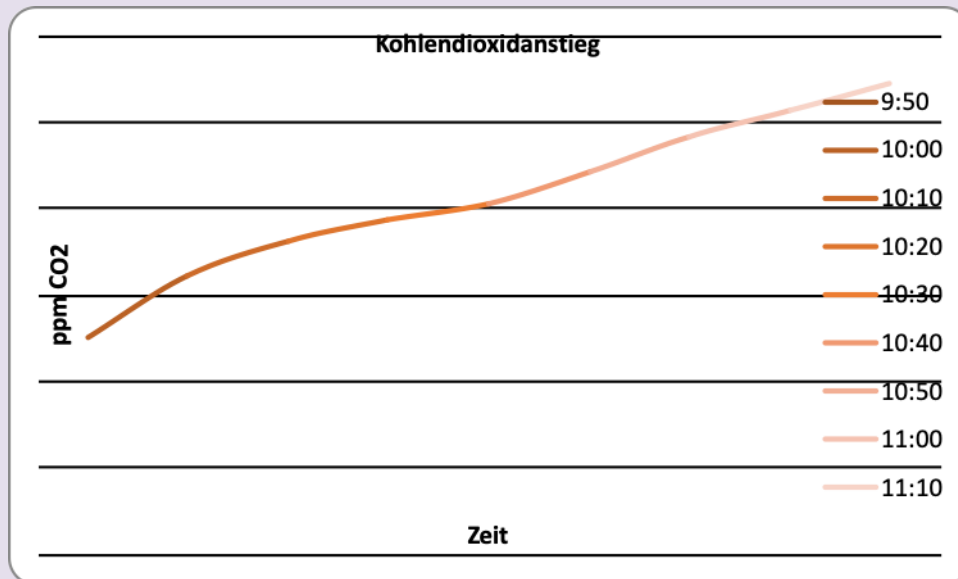


Diagramm 1: Anstieg mit Pflanzen

Das Diagramm 1 veranschaulicht den Anstieg von Kohlendioxid in dem Klassenraum. Er verläuft linear.

4.2. Mit Schüler ohne Pflanzen

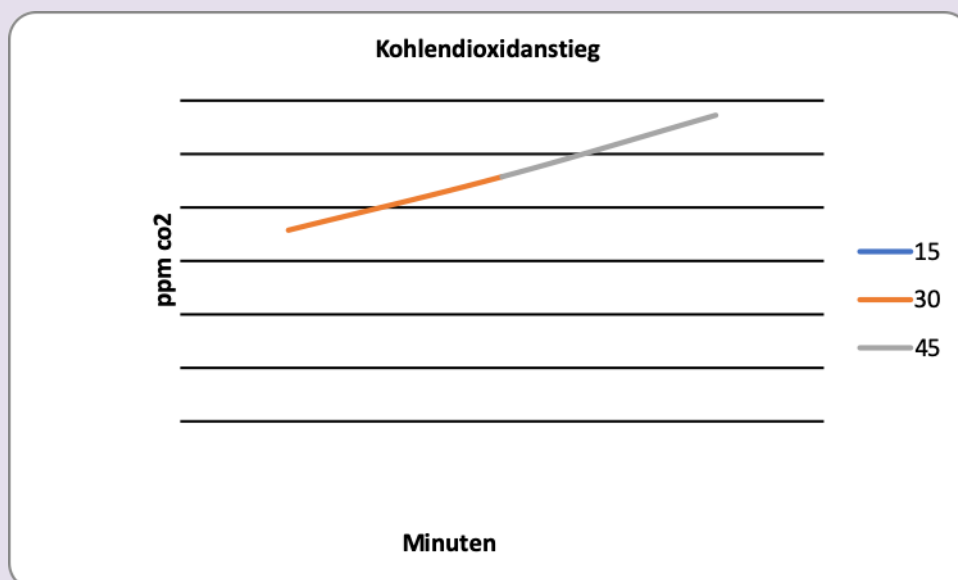


Diagramm 2: Anstieg ohne Pflanzen

Das Diagramm 2 zeigt ebenfalls, dass der Kohlenstoffdioxid Gehalt ansteigt. Der Anstieg verläuft ebenfalls linear.

4.3. Leerer Raum mit Pflanzen

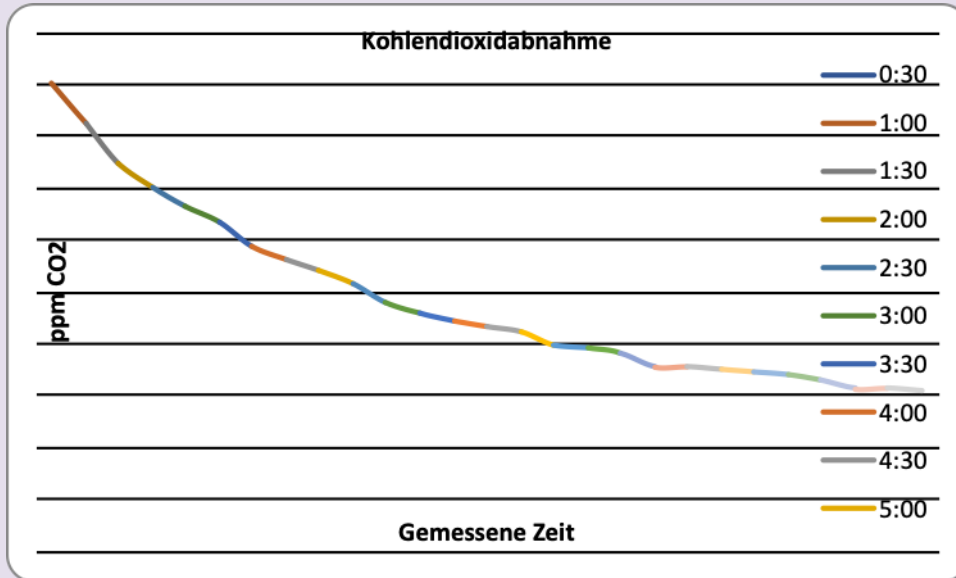


Diagramm 3: Abbau mit Pflanzen

Die Kurve zeigt die Abnahme von Kohlendioxid mit Pflanzen. Sie verläuft exponential.

4.3. Leerer Raum ohne Pflanzen

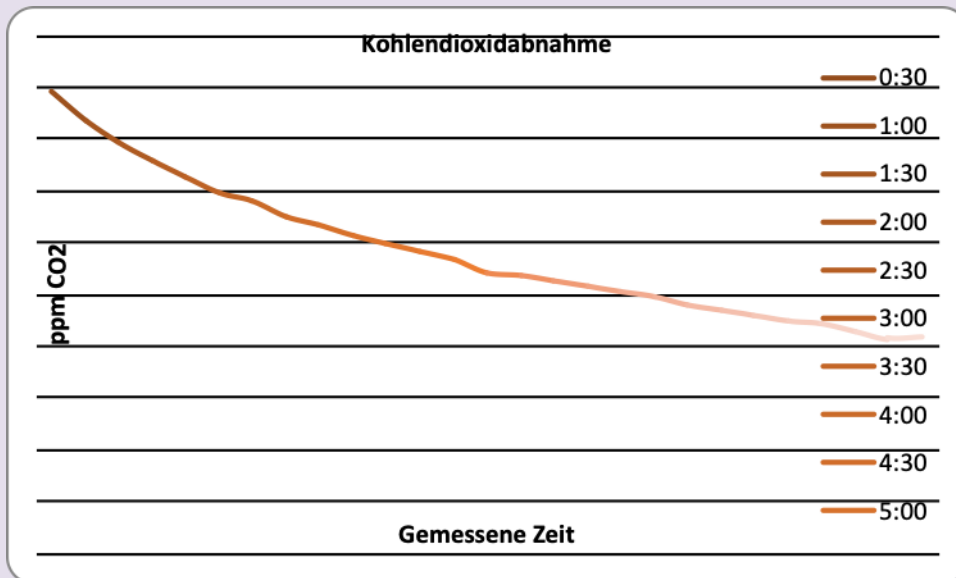


Diagramm 4: Abbau ohne Pflanzen

Die Kurve zeigt die Abnahme von Kohlendioxid ohne Pflanzen. Sie verläuft exponential.

5. Diskussion der Ergebnisse

Vergleich des Kohlendioxidanstiegs zwischen den Bedingungen, einmal mit Pflanze und einmal ohne Pflanze, im Unterricht.

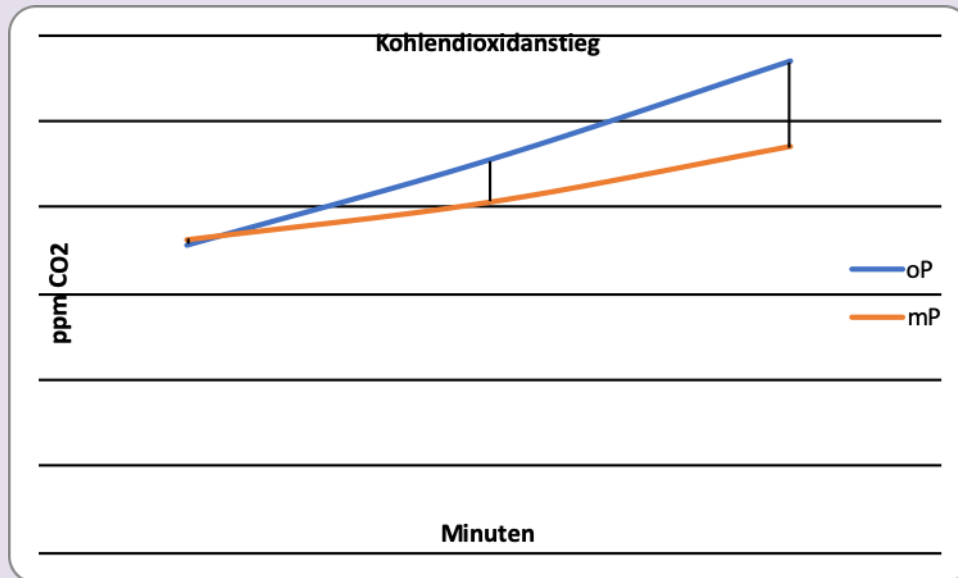


Diagramm 5: Vergleich Produktion

Der Anstieg der Messwerte von der Messung mit Pflanzen (mP; rot) zeigt, dass die Steigung geringer, ist als bei den Messungen ohne Pflanzen (oP; blau).

Überschlagsmäßig kann man abschätzen, dass der Kohlendioxidgehalt ohne Pflanzen innerhalb von 45 min um ca. 1060 ppm durch die Anwesenden Schüler ansteigt. Andererseits steigt der Gehalt bei der Messung mit Pflanzen dagegen nur um etwa 700 ppm an. Dies bedeutet, dass wir eine deutliche Wirkung der Pflanzen auf den Anstieg des Kohlendioxidgehaltes während einer Unterrichtsstunde beobachtet haben.

Rechnet man den Anstieg auf einen Schüler um, ergibt sich, dass ein Schüler etwa 63 ppm Kohlendioxid in einer Schulstunde von 45 min produziert.

Die Pflanzen bauen dagegen in einer Schulstunde bei 17 Schülern 360 ppm pro 2,5 m² ab, bzw. pro m² 144 ppm. Einem Schüler entspricht dies ca. 8,5 ppm pro 1 m².

Um die Produktion von Kohlendioxid von einem Schüler zu neutralisieren braucht man eine Pflanzenblattoberfläche etwa 7,4 m². Für eine Klasse mit 17 Schülern entspricht dies etwas über 125 m² oder 90 Pflanzen (z.B. *Monstera deliciosa*).

Ein ähnliches Ergebnis der Auswirkungen von Pflanzen erhält man, wenn statt der Kohlendioxid Produktion durch die Schüler, die Kohlendioxidabnahme mit und ohne Pflanzen verglichen wird.

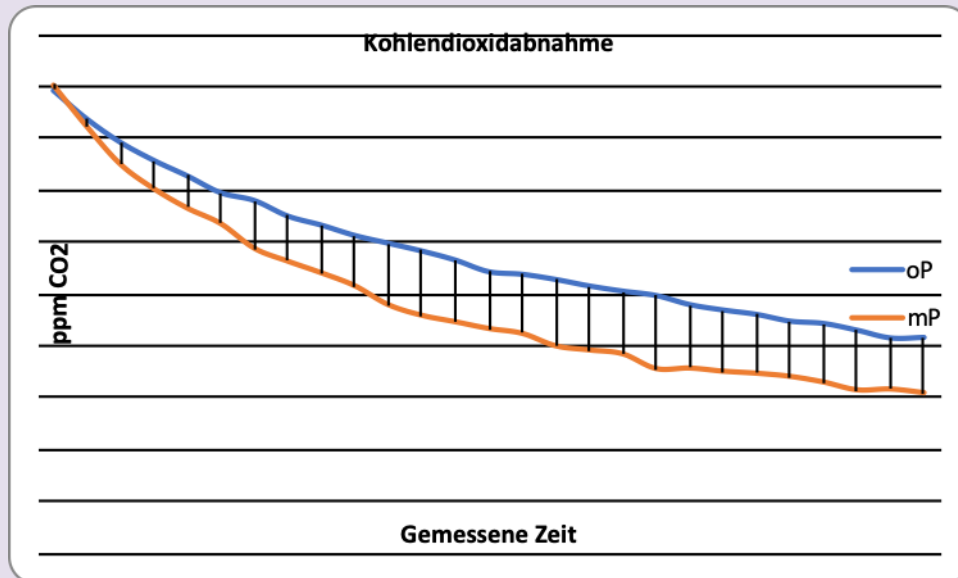


Diagramm 6: Vergleich Abbau

Die obere Messkurve zeigt die Daten der Messung ohne Pflanzen (oP; blau) und die untere die Messung mit Pflanzen (mP; rot).

Deutlich ist hier zu erkennen, dass die obere Kurve langsamer abnimmt, als die untere Kurve. Es sind dies exponential abfallende Kurven. Anfangs ist der Abfall der Messdaten mit Pflanzen deutlich stärker ausgeprägt, als die der Messdaten ohne Pflanze. Zum Ende der Messungen hat sich ein etwa gleichbleibender Abstand der Datenkurven eingestellt.

Daraus resultiert ein Abbauwert von ca. 200 ppm, durch die Blattoberfläche der Pflanzen von insgesamt ca. 1,7 m². Dies entspricht rund 120 ppm pro m² Pflanzenfläche.

Der geringere Wert von 120 ppm zu den obigen Messungen von 144 ppm pro m² lässt sich durch den Einsatz von anderen Pflanzenarten erklären.

Diese geringe Differenz zeigt aber doch deutlich vergleichbare Werte.

6. Fazit

Bei unseren Versuchen zeigte sich ein deutlich messbarer Effekt auf die Abnahme der Kohlendioxid Konzentration in der Luft eines Klassenraumes durch den Einfluss von Pflanzen.

Ob man den verringerten Anstieg an Kohlendioxid bei der „Produktion“ durch die Schüler oder den Abbau von Kohlendioxid betrachtet, es ergeben sich, innerhalb geringer Fehlergrenzen, vergleichbare Werte, die deutlich den Einfluss der Pflanzen zeigen.

Aus unseren Messungen folgt allerdings, dass wir ca. 90 Pflanzen der oben beschriebenen *Monstera deliciosa* in den Klassenraum stellen müssten, um die Produktion an Kohlendioxid zu neutralisieren. Dies ist allerdings nicht möglich, da die Schüler dann keinen Platz zum Lernen mehr haben. Auch bei einer besser wirkenden Pflanzenart und mit höherer Lichtstärke könnte man kaum unter 50 Pflanzen pro Klassenraum kommen.

So kann das von Schülern produzierte Kohlendioxid nicht allein durch Pflanzen entfernt werden und die bisherigen Empfehlungen zum regelmäßigen Lüften können nicht ersetzt werden. Allerdings tragen Pflanzen deutlich zur Verbesserung der Luftgüte und des Raumklimas in Klassenräumen bei.

Besonders Pflanzen, welche schnell wachsen, wenige Ansprüche an die Lichtqualität und die Pflege haben, sowie eine große Blattoberfläche aufweisen, wie z.B. *Ficus Lyrata* oder *Monstera deliciosa*, sind geeignete Pflanzen zur Verbesserung des Raumklimas.

Ein Ziel wäre, eine komplette Bestückung aller Klassenräume mit Kohlenstoffdioxid Warngeräten, die die Schüler für eine gute Luftqualität sensibilisieren und den Vorteil von Pflanzen im Klassenzimmer vor Augen führen können.

7. Ausblick auf weiterführende Forschungen

Aufgrund unserer schulischen Belastungen standen uns nur wenige Messtage zur Verfügung. Deshalb schlagen wir für eine weiterführende Forschung folgende Punkte vor:

1: Anschaffung von mehreren Geräten, die unabhängig von uns, in verschiedenen Klassenräumen eingesetzt werden könnten, um mehr Datensätze zu erhalten, die statistisch ausgewertet werden können. Durch Normierung von mehreren Messergebnissen könnten die Messkurven besser ausgewertet und berechnet werden, um eine stabile Basis für Empfehlungen zum Einsatz von Pflanzen in Klassenräumen zu geben.

2: Einsatz von mehr Pflanzen in den Klassenräumen um den Effekt der Kohlendioxidabsenkung durch die Pflanzen besser zu erfassen.

3: Variierung der Pflanzenarten und der Lichtstärke zur Optimierung einer möglichst günstigen Abbaurate des Kohlendioxidgehaltes.

4: Einsatz von Fragebögen für die Schüler/innen, um den Einfluss des Kohlendioxidgehaltes in den Klassenräumen auf die Lernleistung zu ermitteln. Daraus könnten Empfehlungen resultieren, die angeben, wann eine Luftverbesserung durch Lüftung notwendig ist.

8. Quellen

Blattpflanzen für jede Wohnung / Günther Liebster / ISBN 3-405-12592-8

<http://www.solar4ever.de/co2.htm>

<http://www.motorlexikon.de/?I=12>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Zimmerpflanze>

<http://www.warensortiment.de/messtechnik/messgeraete/lichtmesser.htm>