

Sieben Dinge, die man mit dem smarten CO₂-Sensor tun kann

Die Messung von Kohlendioxid (CO₂) hat viele Anwendungen im Klassenzimmer und ist mit dem neuesten Stand der Technik einfacher und kostengünstiger als je zuvor. Hier ist ein kurzer Blick auf einige der coolen Dinge, die Sie mit dem smartem CO₂-Sensor machen können!

1. Überwachung der Luftqualität
2. Untersuchung der zellulären Atmung
3. Untersuchung der Photosynthese
4. Messung des Kohlenstoffflusses im Feld
5. Überwachung der Atmung von Bodenmikroben und Zersettern
6. Messung der menschlichen Atmung
7. Gelöstes CO₂ in situ

1. Überwachung der Luftqualität

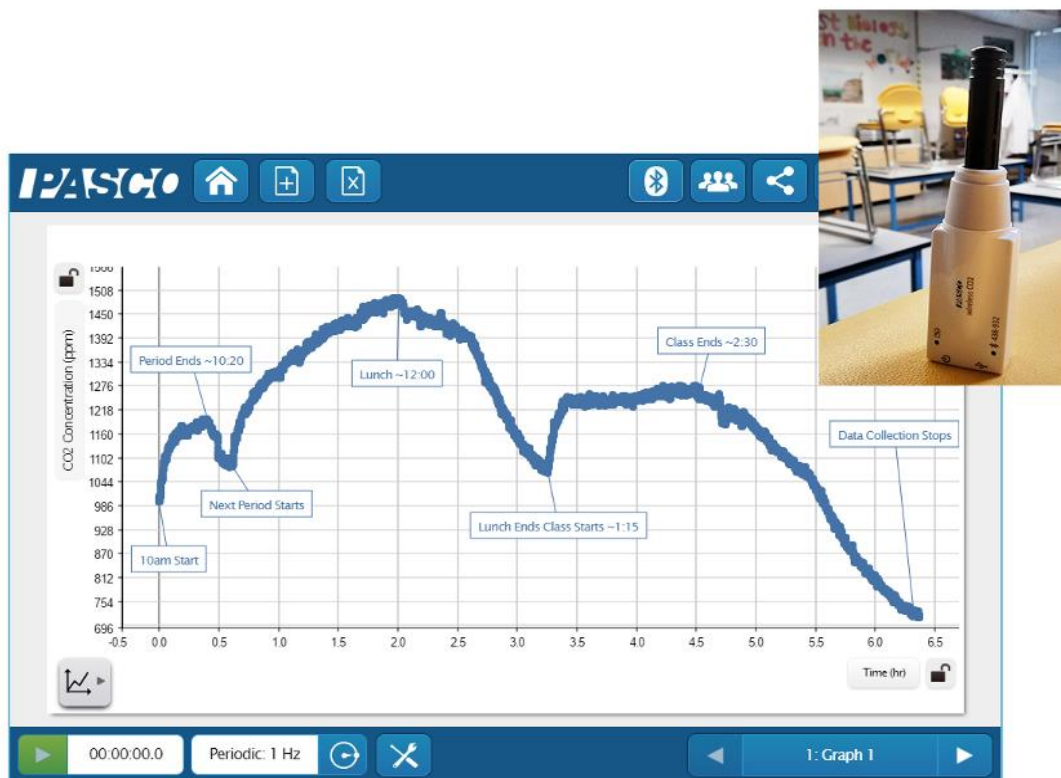


Abbildung 1a. Daten aus der Sensorprotokollierung über einen Schultag

CO2-Sensor: 7 Versuchs-Ideen

Eine interessante Möglichkeit, den Schülern den Sensor näher zu bringen, besteht darin, die "geschlossene" Umgebung zu nutzen, zu der Sie bereits Zugang haben - Ihr Klassenzimmer oder Labor. Dies ist auch eine gute Gelegenheit, die Datenaufzeichnungsfunktionen des Sensors zu nutzen. Finden Sie einen zentralen Platz im Raum, um den Sensor zu platzieren, idealerweise über den Köpfen der Schüler, wo sie nicht auf den Sensor ausatmen können. Stellen Sie den Sensor in den Datalogging-Modus und sammeln Sie 8-10 Stunden Daten (Abbildung 1a). Abhängig von Schülerdichte, Heizung/Lüftung/Klima und wie geschlossen der Raum ist, sollten Sie in der Lage sein, Schwankungen in den CO₂-Werten zu sehen, die dem Unterrichtsplan entsprechen, da alle diese Schüler damit beschäftigt sind, Glukose Abzubauen und CO₂ zu produzieren.

Die Schüler können diesen Test an anderen Orten wie der Cafeteria, dem Gewächshaus, den Sanitärräumen, usw. wiederholen. Während es widersprüchliche Standards gibt, ist in der Regel eine CO₂-Konzentration von weniger als 1000 ppm wünschenswert, bei mehr als 3500 ppm werden Menschen physiologische Effekte bemerken. Viele moderne Heizungs-/Lüftungs- und Klimaanlage haben sogar ihre eigenen Sensoren und wälzen die Luft um, um den CO₂-Gehalt unter 1500 ppm zu halten. Vermutlich werden Sie aus den Daten ersehen können, ob Ihre Schule oder Ihr Labor dies haben!

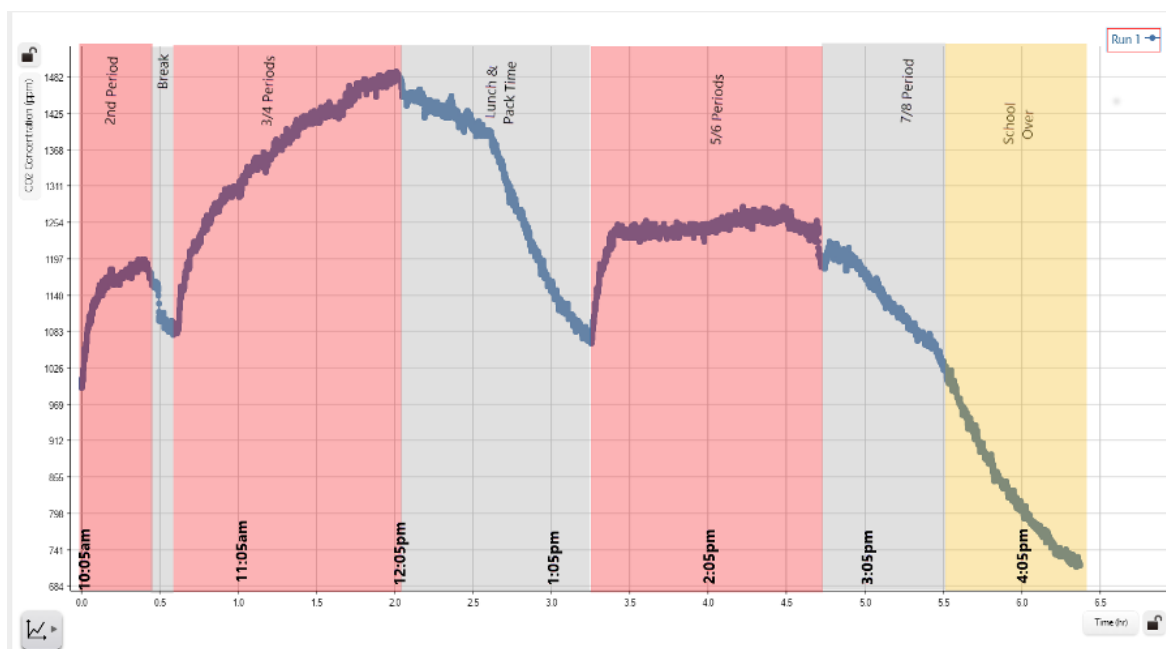


Abbildung 1b. Daten mit überlagertem Stundenplan

CO2-Sensor: 7 Versuchs-Ideen

2. Untersuchung der zellulären Atmung

Mit der mitgelieferten Probenflasche können die Schüler mit wirbellosen Tieren, keimenden Samen oder anderen kleinen Organismen schnell Atmungsdaten sammeln. Schwankungen der Umgebungsfaktoren wie Licht oder Temperatur ermöglichen weitere Feststellungen wie Keimzeit, Artenvergleiche, Körpergewichte, Aktivitätsniveau, etc.



Abbildung 2. Atmung von keimendem Saatgut

Durch die Erweiterung dieser Konfiguration kann der Sensor mit Bakterien- oder Hefelösungen, auch mit aquatischen Spezies, verwendet werden, indem die Gaskonzentration im oberen Bereich des Behälters gemessen wird.

CO2-Sensor: 7 Versuchs-Ideen



Abbildung 3. Kopfraummessung über einer Flüssigkeit

Während eine kleinere Kammer schnellere Ergebnisse liefert (die Gaskonzentration ändert sich schneller), ist manchmal eine größere Kammer erforderlich, um größere Organismen zu untersuchen oder Ökosysteme zu modellieren. Hier hilft vor allem das drahtlose Design, der Sensor kann problemlos in jedem Behälter zusammen mit dem zu untersuchenden Organismus platziert werden - ohne Veränderungen. Wenn Sie den Sensor länger als ca. 18 Stunden betreiben müssen, schließen Sie ihn an ein externes USB-Netzteil oder eine Powerbank an, und der Sensor kann weiterarbeiten.



Abbildung 4. Sensor in einem größeren Lebensmittelvorratsbehälter

- Seite 4 -

CO₂-Sensor: 7 Versuchs-Ideen

3. Untersuchung der Photosynthese

Um großartige Photosynthese-Daten zu erhalten, benötigen Sie nur ein frisches, dunkelgrünes Blatt, den Sensor und die Probenflasche. Legen Sie das Blatt in die Flasche, verschließen Sie es mit dem Sensor und starten Sie die Datenerfassung! Die Verwendung der Probenflasche und eines frischen Blattes sorgen für eine schnelle Reaktion - Datenerfassungszeiten von 5-10 Minuten! Licht vs. Dunkel und Wellenlänge sind einfache und relevante Manipulationen, die die Schüler durchführen können.



Abbildung 5. Photosynthese mit einem einzigen Blatt „Efeutute“: ohne Filter, mit Blaufilter, rot und grün. Die Pflanzen waren 10 Minuten lang Vollspektrum-Leuchtstoff-Lampen ausgesetzt.

Test	CO ₂ -Rate (ppm/min)
Licht (kein Filter)	-17
Blaufilter	-7
Rotfilter	-9
Grünfilter	-12
Dunkel (Alufolie ummantelt)	+32

Tabelle 1. Zusammenfassung der Änderung der Rate, die bei jeder Messreihe festgestellt wurde.

Weitere Ideen zur Manipulation sind: Lichtintensität, Temperatureinfluss, Pflanzenfresser, Tageszeit, Wirkung von Herbiziden, Dichte der Spaltöffnungen, C₃/C₄/CAM-Pflanzenvergleich, CO₂-Konzentration.

CO2-Sensor: 7 Versuchs-Ideen

4. Messung des Kohlenstoffflusses im Feld

In einigen Fällen sind Laborversuche nicht möglich oder wünschenswert. Es ist einfach, den Sensor mit einer geschnittenen Flasche, einem Glas oder einer Plastiktüte ins Feld zu bringen, um eine Pflanze oder einen Boden für die Analyse zu isolieren, ohne die Umwelt zu stören. Drücken Sie den Behälter fest in das Substrat, um eine dichte Abdichtung zu erreichen und mit der Datenerfassung zu beginnen. Die Schüler können verschiedene Ökosysteme leicht vergleichen und feststellen, ob sie unter diesen Bedingungen ein Netto-Kohlenstoff-Produzent oder -Verbraucher sind. Diese Technik kann unter verschiedenen Bedingungen, zu verschiedenen Tageszeiten oder Jahreszeiten wiederholt werden, um die Ergebnisse zu vergleichen.



Abbildung 6. Flasche mit Sensor platzieren über dem Rasenstück schneiden.

Dieselbe Technik in Kombination mit dem Konzept der Messung des Raums über einer Flüssigkeit zur Bestimmung des Gasaustauschs kann zur Überwachung des Kohlenstoffflusses in einem aquatischen Ökosystem verwendet werden. Die Befestigung des Sensors mit einem Schwimmer (oder an einem festen Gegenstand) zum Schutz des Sensors schafft den für die Messung über dem Wasser erforderlichen Luftraum. Sammeln Sie Daten über den Tag, um festzustellen, wie ein Wasserorganismus Kohlenstoff mit der Atmosphäre austauscht.

- Seite 6 -

CO₂-Sensor: 7 Versuchs-Ideen



Abbildung 7. Mit einem Schaumstoff und einer zerschnittenen Flasche einen Luftraum schaffen und den Kohlenstoffaustausch messen.

5. Überwachung der Atmung von Bodenmikroben und Zersettern

Um die Probenahme und Messung von Bodenproben zu rationalisieren, können die Schüler ein Stück PVC verwenden, um ein gleichbleibendes Substratvolumen zu sammeln und die Messung in derselben Kammer durchzuführen. Ein 15-20 cm Rohrabchnitt mit einem Innendurchmesser von ca. 3 cm kann leicht in den Boden in eine festgelegte Tiefe eingeschlagen werden, um die Probe aufzunehmen. Versiegeln Sie das Ende des Rohres mit Parafolie oder Frischhaltefolie und sammeln Sie die Daten.

CO2-Sensor: 7 Versuchs-Ideen



Abbildung 8. Sensor im PVC-Rohr mit Markierung für die Tiefe der Bodenprobe, klares PVC zur Demonstration.

Die Datenerfassung kann im Feld oder Labor erfolgen und ist bei Bedarf leicht erweiterbar. Die Schüler können die Proben mit pH-Puffern, Wasser, Trocknung, Salz, Pestiziden oder anderen Chemikalien von Interesse behandeln, um die Auswirkungen auf die Mikroben-Atmung zu bestimmen.

6. Messung der menschlichen Atmung

Mit einem Trinkhalm und einem 4 L - Ziplock®-Beutel lassen sich die Daten der menschlichen Atmung leicht erfassen. Hier ist ein Video zum Vergleich der Atempausenzeit. Das gleiche Verfahren kann verwendet werden, um andere Varianten zu testen, vor und nach dem Training, Tageszeit, etc.

CO₂-Sensor: 7 Versuchs-Ideen



7. Gelöstes CO₂ in situ

Mit der wasserdichten Hülle für den smarten CO₂-Sensor können Studenten CO₂ in einer aquatischen Umgebung überwachen. Das Teflon®-Material ist durchlässig für CO₂-Moleküle, aber nicht für Wasser, was einen viel kleineren Raum um den Sensor herum und damit eine besseren Reaktionszeit schafft. Während das CO₂ nicht gelöst wird, wenn es gemessen wird, wurde dieser Ansatz validiert und verläuft mit anderen Indikatoren wie dem pH-Wert (Johnson u. a. 2010). Dieser Ansatz funktioniert gut im Feld und im Labor für Photosynthese- und Atmungsexperimente. Unten sind ein Bild und einige Daten, die wir während des Beta-Tests gesammelt haben!

Referenz:

Johnson, M. S., Billett, M. F., Dinsmore, K. J., Wallin, M. , Dyson, K. E. and Jassal, R. S. (2010), Direct and continuous measurement of dissolved carbon dioxide in freshwater aquatic systems - method and applications. *Ecohydrol.*, 3: 68-78. doi:10.1002/eco.95

