

Eine Methode zur Messung von Respirationsprozessen in limnologischen Versuchssystemen

Von

WILHELM RIPL, Lund

Die Messung von Respirationsprozessen in biologischen Systemen führt oftmals zu erheblichen Schwierigkeiten. Das System, bestehend aus Organismen und Umwelt, wird durch die verwendeten Methoden meistens so beeinflusst, dass die erhaltenen Resultate mit grossen Unschärfefeffekten behaftet sind und deshalb kaum Rückschlüsse auf die ursprünglichen Verhältnisse gezogen werden können. Die hier beschriebene Messmethode erlaubt es, über längere Zeit Messungen durchzuführen und die Dynamik in der Kohlensäurefreisetzung sowohl unter aeroben als auch anaeroben Bedingungen zu studieren.

Die Grösse des Systems soll im Hinblick auf die zu studierende Organismengemeinschaft so gewählt werden, dass man biologische Quanteneffekte vermeidet und dass eine statistische Normalverteilung gegeben ist. Die gewonnenen Resultate entsprechen der Netto-Respiration, d. h. nur die freigesetzte Kohlensäure wird erfasst, während der unmittelbar wieder verwendete Anteil nicht ins Messresultat eingeht.

Messprinzip

Ein Trägergasstrom von ca. 5–20 ml/min. (Luft, Stickstoff, Sauerstoff) wird über oder durch das System geleitet, je nachdem ob man das Kohlensäuregleichgewicht ständig verschieben kann oder ob nur der Kohlensäureflux erfasst werden soll. Bei den durchgeführten Messungen ergaben sich diesbezüglich kaum Unterschiede. Der vom Versuchsgefäss kommende Gasstrom wird über Filter zur Absorption von Störprodukten (NH_3 , H_2S ; es wurde eine essigsäure CdCl_2 -Lösung verwendet) und weiter durch ein feines Kapillarrohr in ein Titriergefäss geleitet. Das Gefäss ist beschickt mit KOH-Lösung, die auf einen pH-Wert von 11,5 eingestellt ist. Mittels Glas und Kalomelelektroden, eines pH-Meters und einer Titrieranordnung wird laufend oder in Inkrementen 0,1–1 n KOH zugesetzt und der pH-Wert konstant gehalten. Kalilauge erwies sich als vorteilhaft, da die Elektroden in diesem Medium

besser arbeiten als in Natronlauge (Salzfehler). Die zugeführte KOH-Menge ist der zugeführten Kohlensäuremenge direkt proportional und zwar im Molverhältnis 1 : 1. Ein Schreiber, der mit konstanter Geschwindigkeit läuft, registriert laufend das Bürettenvolumen. Wird die Lauge in bestimmten Inkrementen zugesetzt, so kann auch ein Impulsrechner verwendet werden. Die durch die Luft zugeführte Kohlensäure kann entweder bei der Berechnung abgezogen werden oder wenn das System durch kohlenstofffreie Luft nicht verändert wird, kann diese durch ein Natronkalkfilter vor dem Einleiten ins Versuchsgefäß entfernt werden. Das Titriergefäß muss durch einen Thermostat auf konstanter Temperatur gehalten werden. Das Versuchssystem kann entweder auf konstanter Temperatur gehalten werden oder durch einen programmierbaren Thermostaten kontrollierten Temperaturänderungen unterworfen werden (Abb. 1).

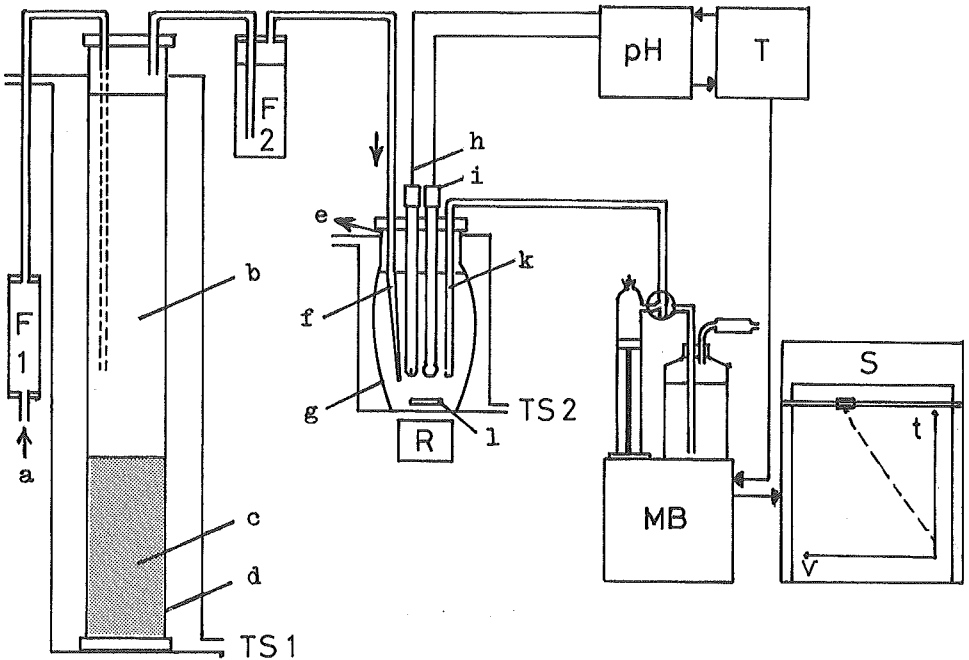
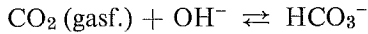


Abb. 1. Prinzipskizze der Versuchsanordnung:

F 1	Natronkalkrohr	pH	pH-Meter
F 2	Filter zur Absorption von NH_3 und H_2S	T	Titrator
R	Magnet-Rührer	MB	Motorbürette
TS 1	Thermostat für Versuchsgefäß	S	Schreiber
TS 2	Thermostat für Titriergefäß	t	Zeitachse
a	Trägergas	V	Volumen der zugesetzten KOH
b	Wasser	e	Gasaustritt
c	Sediment	f	Gaseintrittskapillare
d	Versuchsgefäß	g	Titriergefäß
		h	Kalomelektrode
		i	Glaselektrode
		k	Titrierkapillare
		l	Rührmagnet

Die Kalibrierung der Messanordnung wurde sowohl durch Injizieren von bestimmten Mengen reiner Kohlensäure in den Gasstrom als auch durch Einleiten eines Gasstroms bekannten Kohlensäuregehaltes vorgenommen.

Die Reaktion zweiter Ordnung verläuft nach der Formel



mit einer Geschwindigkeit

$$\frac{-dc(\text{CO}_2)}{dt} \cong \frac{85001}{\text{mol. sec}} \cdot c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{OH}^-)$$

bei 25° C (KERN, D. M., 1960; J. Chem. Educ., 37, 14).

Die Wahl eines pH-Wertes von ca. 11,5 und einer Temperatur von 25–35° C im Titriergefäß, weiters die Verteilung des Gasstromes durch Kapillarrohr und Rührwerk, lässt die Reaktion quantitativ verlaufen. Ein in der Abbildung nicht eingezeichnetes mit Stickstoff betriebenes Spülsystem schützt das Titriergefäß vor Luftzutritt (Einblasen von Stickstoff).

Der eingeleitete Gasstrom wird vor dem Eintritt in das Titriergefäß am Versuchsbeginn mittels eines Blasenzählers gemessen und unter dem Versuch konstant gehalten.

Mit dieser Messanordnung konnte eine Empfindlichkeit von 2 $\mu\text{mol C}$ pro Stunde erreicht werden. Die obere Grenze lag bei 200 $\mu\text{mol C}$ pro Stunde. Durch Gasshunts, wie sie in der Gaschromatographie verwendet werden, kann der Bereich nach oben noch erweitert werden.

Für die Versuche wurde Radiometers pH-Meter PHM 28, Autobürette ABU 12, Titrator TTT 11 und Schreiber SBR 2 verwendet.

Die Methode wurde bisher für Messungen von Respirationsprozessen an Sedimentoberflächen (das Sediment wurde zu diesem Zweck direkt in Plexiglasrohren aus einem See entnommen und in diesem Zustand ins Laboratorium gebracht) und für Messungen an Pflanzenmaterial in Seewasser verwendet. Pflanzenmaterial wurde auch unter gleichen Bedingungen einer Sauerstoffverbrauchsmessung unterzogen, wobei die Verbrauchskurve in mol O₂ ausgedrückt der Kohlensäurekurve in mol C ausgedrückt im Rahmen von $\pm 2\%$ folgte. Der Versuch wurde über eine Zeitspanne von 14 Tagen registriert.

Der Vorteil dieser Methode liegt hauptsächlich in ihrer hohen Empfindlichkeit, der Möglichkeit auch unter mikroaeroben und anaeroben Bedingungen die Kohlenstofffreisetzung messen zu können, weiters der Möglichkeit, natürliche Verhältnisse in hohem Grad simulieren zu können.

An der Anwendung dieser Messmethode für einen ökologischen Systemsimulator, in dem pH und Redoxverhältnisse mit Hilfe von zugeführten Gasen gesteuert werden können, wird gearbeitet.