

Universität Potsdam
Institut für Biochemie und Biologie
Arbeitsgruppe Ökologie und Ökosystemmodellierung



BMBF-Forschungsverbund

Schaffung von Grundlagen zur biogenen Alkalinitätsproduktion und Neutralisierung durch kontrollierte Eutrophierung und Saprobisierung von sauren Tagebaugewässern als Alternative und Ergänzung von Fremdflutungen

Kurztitel: Biogene Alkalinisierung

Teilprojekt 9:

Bakterienproduktion: Höhe, Regulation und trophische Nutzung in versauerten Tagebauseen

Abschlussbericht an das BMBF

Auftragnehmer: Universität Potsdam
Auftragsbezeichnung: BMBF-FKZ 0339746A
Laufzeit des Auftrags: 01.05.2001 – 30.08.2004

Projektleitung: Prof. Dr. U. Gaedke
Projektbearbeitung: Dr. N. Kamjunke

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung

1. Aufgabenstellung.....	3
2. Voraussetzungen zur Durchführung.....	4
3. Ablauf.....	4
4. Wissenschaftlicher Stand zu Projektbeginn.....	4
5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	8
6. Projektergebnisse.....	8
6.1 Mikrobielle Umsetzungen und Biomasseproduktion im Pelagial von Tagebauseen.....	8
6.2 Laborversuche zur bakteriellen Nutzung verschiedener Kohlenstoffquellen.....	17
6.3 Pelagische Kohlenstoffflüsse im Tagebausee 111.....	18
6.4 Enclosureversuche zur Neutralisierung.....	24
7. Einordnung der Ergebnisse, Forschungsergebnisse anderer Stellen.....	26
8. Verwertbarkeit der Ergebnisse.....	26
9. Publikation der Forschungsergebnisse.....	26
Anhang: Erfolgskontrollbericht.....	29
I. Gesamtziel des Projektverbundes.....	29
II. Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen.....	30
III. Verwertungsplan.....	30
IV. Ausgaben- und Zeitplanung.....	32

Vorbemerkung

Die Universität Potsdam hatte sich bereits am Abschlußbericht für den gesamten BMBF-Forschungsverbund „Biogene Alkalinisierung“ beteiligt sowie zwei Kapitel zu dem Buch „Grundlagen und Maßnahmen zur biogenen Alkalinisierung von sauren Tagebauseen“ (Hrsg. Brigitte Nixdorf & Rainer Denecke, Teil des Abschlußberichtes) beigetragen.

1. Aufgabenstellung

Das Teilprojekt 9 hatte zum Ziel, die Abbauege von organischem Kohlenstoff im Pelagial extrem saurer Seen zu erforschen. Im Mittelpunkt standen die Quantifizierung der Aufnahme von gelöstem organischen Kohlenstoff durch Bakterien und dessen Umwandlung in bakterielle Biomasse (Bakterienproduktion). In den im ALKALIN-Projekt relevanten Seen liegen 30% – 90% des organischen Kohlenstoffs im Freiwasser in gelöster Form (DOC) vor. Der DOC-Pool wird durch Zuflüsse (Grundwasser) gespeist und auch im Prozess der Photosynthese freigesetzt. Bakterien nutzen einen mehr oder weniger großen Teil des DOC (labiler DOC) und wandeln diesen mit unterschiedlicher Effizienz in zelleigenes Material um. Die produzierte Biomasse wird durch Grazer verwertet. In extrem sauren Seen können dies (pigmentierte) Flagellaten, Heliozoen und Ciliaten sein.

Bakterien sind gemeinsam mit Algen die quantitativ bedeutendsten Besiedler saurer Tagebauseen. Ihre Biomassen übersteigen die der übrigen Gruppen bei weitem. Die Frage nach der Höhe und dem Verbleib der Bakterienproduktion ist daher von zentraler Bedeutung für das Verständnis des Kohlenstoff-Kreislaufs im Freiwasser. Da die pelagischen Bakterien in den anderen Teilprojekten des Gesamtvorhabens nicht berücksichtigt werden konnten, schließt das Teilprojekt eine wichtige Lücke im Gesamtverständnis der Stoffflüsse in geogen sauren Seen. Es sollen insbesondere die folgenden, mit der Bakterienproduktion verbundenen, wissenschaftlichen Fragen untersucht werden:

- Wie hoch ist der verwertbare Anteil des natürlichen DOC?
- Welche bakteriellen Wachstumsraten werden unter verschiedenen Bedingungen realisiert (Temperatur, DOC-Konzentration, Lichtstrahlung)?
- Wie hoch ist die bakterielle Wachstumseffizienz?
- Wie hoch sind die Grazingraten der vermutlich wichtigsten Bakteriengrazer (pigmentierte Flagellaten, Ciliaten, Heliozoen)?
- Welche Bedeutung hat die Bakterienproduktion im Vergleich zur Primärproduktion für das gesamte Nahrungsnetz?

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen liefern wichtige Daten für die Durchführung von Modellrechnungen über die Wege der DOC-Umsetzung im Nahrungsnetz dieser Extrembiotope und damit für die gezielte biogene Alkalinisierung.

2. Voraussetzungen zur Durchführung

Projektmitarbeiter: Dr. Norbert Kamjunke, Dr. Guntram Weithoff, Dr. Jörg Tittel, Dr. Elanor Bell

Bearbeitungsort: Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie, Maulbeerallee 2, 14469 Potsdam

3. Ablauf

Das Teilprojekt begann mit einer zeitlichen Verzögerung zu den anderen Teilprojekten erst am 01.05.2001. Nach Bewilligung einer kostenneutralen Verlängerung lief es am 31.08.2004 aus.

4. Wissenschaftlicher Stand zu Projektbeginn

Sofern Bakterien extrem saurer Seen untersucht wurden, standen meist benthische Bakterien und deren Leistungen bei der Sulfatreduktion oder der bakterielle Abbau partikulärer organischer Substanz (z. B. Holz, Laub) im Mittelpunkt. Es existieren umfangreiche Untersuchungen über die Beteiligung von Mikroorganismen bei der Pyritoxidation (Evangelou, 1998). Unter dem Stichwort "Bioleaching" wurden umfangreiche Kenntnisse über die Rolle von *Thiobacillus* im Hinblick auf Verfahren zum Aufschluß von Erzen gesammelt. Darüber hinaus wurde eine Vielzahl von Bakterien und Archaea aus sauren Gewässern morphologisch beschrieben (Robbins, 2000). Unser Wissen über die Funktion heterotropher Bakterien im Freiwasser extrem saurer Seen ist demgegenüber sehr begrenzt. Die systematische Untersuchung der Kohlenstoff-Aufnahme der Bakterien, der Effizienz ihrer Umsetzung in bakterielle Biomasse und die damit realisierten Wachstumsraten hat bisher noch nicht begonnen. Das bedeutet eine wesentliche Lücke in unserem Gesamtverständnis der Nahrungsnetze und Stoffumsätze in extrem sauren Seen.

Die an natürlichen Gewässern gewonnenen Erfahrungen können nur mit Vorsicht übernommen werden. In regensauren Seen wurde der mikrobielle Abbau organischer Substanz vergleichsweise umfangreich untersucht (Review in Bell & Tranvik, 1993). Dessen Geschwindigkeit scheint generell nicht geringer als in nicht-sauren Seen zu sein. Akkumulationen grober organischer Substanz sind wahrscheinlich auf das Fehlen der

”Zerkleinerer” (Gammariden, Asseln) im sauren Milieu zurückzuführen. Stapleton et al. (1998) kamen zu dem Ergebnis, daß der Abbau organischer Schadstoffe im extrem sauren Milieu (pH 2.0) durch mikrobielle Konsortien (Pilze, Hefen, verschiedene Bakterien) vorgenommen wird, wobei die Mitwirkung von Algen nicht ausgeschlossen werden kann.

Extrem saure Tagebauseen wiesen ungeachtet teilweise hoher Algenkonzentrationen eine geringere Bakteriendichte als circumneutrale Seen auf (Mischke et al., 1994; Nixdorf et al., 1998). Im Unterschied fanden Wassel & Mills (1983) keine signifikant unterschiedlichen Bakterienzahlen entlang des pH-Gradienten (3.5 - 6.4) im vom Pyritabbau beeinflussten Lake Anna (USA).

Uns ist nur eine Untersuchung bekannt, in der das Wachstum von Bakterien in einem geogen versauerten Gewässer mit einem pH <3 untersucht wurde (Gyure et al., 1987). Tremaine und Mills (1991) ermittelten mit der Verdünnungsmethode sehr hohe Wachstumsraten von 1.06 und 1.92 d⁻¹ bei einem pH von 3,6. Zur Effizienz der Ressourcennutzung (growth efficiency) von Bakterien unter extrem sauren Bedingungen sind keine Untersuchungen bekannt.

In den meisten circumneutralen Seen sind heterotrophe Bakterien sowohl hinsichtlich der Biomasse als auch der Produktion von geringerer Bedeutung als Phytoplankton. Das Verhältnis von bakterieller zu Phytoplanktonbiomasse beträgt gewöhnlich 5 - 28% (Riemann et al. 1982, Cho et al. 1997) und ist in hocheutrophen Seen noch geringer (Kamjunke et al. 1999). Die bakterielle Produktion beträgt durchschnittlich 30% der planktischen Primärproduktion (Cole et al. 1988) mit ebenfalls sehr niedrigen Werten in hocheutrophen Gewässern (Kamjunke et al. 1997). In den extrem sauren Tagebaurestseen sollte die Bedeutung der heterotrophen Bakterien aus drei Gründen steigen:

1. Während in neutralen Gewässern die photochemische DOC-Spaltung nur durch UV-Licht in den obersten Dezimetern erfolgt, katalysiert in sauren Seen das in hohen Konzentrationen vorkommende Eisen auch die DOC-Spaltung durch sichtbares Licht, das mehrere Meter tief eindringt. Dadurch stehen den Bakterien auch in größeren Wassertiefen niedermolekulare und besser nutzbare Spaltprodukte zur Verfügung.
2. Durch den extrem niedrigen pH-Wert ist die Konzentration von gelöstem anorganischen Kohlenstoff im Wasser oft sehr gering, so dass den Primärproduzenten wenig Substrat zur Carboxylierung zur Verfügung steht. Das dafür verantwortliche Enzym, die Ribulosebisphosphat-Carboxylase, schaltet dann auf eine Oxygenasefunktion um (Photorespiration). Dadurch erhöht sich in der Folge die Ausscheidung gelöster Photosyntheseprodukte (Exsudation). Während das Verhältnis von Exsudation zu Gesamtprimärproduktion gewöhnlich bei durchschnittlich 13% liegt (Baines & Pace 1991),