

Winogradsky und seine Säulen

Sergej Nikolajewitsch Winogradsky wurde am 13. September 1856 in Kiew geboren. Er verstarb am 25. Februar 1953 in Brie-Comte-Robert bei Paris.

Zur Untersuchung von Bodenorganismen schichtete er in einem Glaszylinder Schlamm und Wasser auf. So konnte er ein intaktes Bakterien-Ökosystem herstellen, welches nach ihm benannt wurde.

Winogradski hat mit seinen Experimenten die Chemolithotrophie aufgezeigt - Kohlenstoffdioxid kann ohne Chlorophyll und Licht mit Hilfe chemischer Energie zu organischem Kohlenstoff verändert werden. Vor seinen Erkenntnissen ging man davon aus, dass nur grüne Pflanzen dazu in der Lage wären.

Winogradski wählte für seine Versuche farblose Schwefelbakterien, z.B. *Beggiatoa* oder *Thiothrix*, da diese im Vergleich zu anderen Bakterien sehr groß sind. An Abflussskanälen von Schwefelquellen entwickeln sich in schwefelwasserstoffreichem Wasser riesige Populationen von *Beggiatoa* und *Thiothrix*. Entfernt man sich von der Schwefelquelle, so sind immer weniger Bakterien vorhanden. Daraus kann man schließen, dass die Entwicklung dieser Bakterien vom Schwefelwasserstoff abhängig ist.

Beggiatoa-Filamente verlieren ihre Schwefelgranula(-kügelchen), wenn man ihnen kurzzeitig die Schwefelwasserstoff-Quelle entzieht. Bei ausreichender Zufuhr von Schwefelwasserstoff entwickeln sich die Granula wieder. Winogradsky schloss hieraus, dass Schwefelwasserstoff zu elementarem Schwefel oxidiert wurde. Als letztes wies er nach, dass Sulfat vorhanden ist, wenn die Schwefelgranula verschwinden. Seine Schlussfolgerung war, dass *Beggiatoa* Schwefelwasserstoff zunächst zu elementarem Schwefel und anschließend zu Sulfat oxidiert. Mit dieser Versuchsreihe bestätigte er, dass für diese Bakterien die Oxidation von Schwefelwasserstoff eine primäre Energiequelle darstellt.

Winogradsky isolierte aus mineralhaltigen Böden nitrifizierende Bakterien. Die einzige Kohlenstoffquelle der Böden war Kohlenstoffdioxid und Ammonium als Elektronenspende. T. Schloesing und A. Mutz, zwei französische Bodenkundler, hatten bereits herausgefunden: wenn Ammonium durch eine Bodenprobe rinnt, erhält man Nitrat. Ammonium ist chemisch stabil. Winogradsky konnte nun nachweisen, dass die Nitrifikation ein zweistufiger Prozess ist: Eine Bakteriengruppe oxidiert Ammonium zu Nitrit, eine zweite oxidiert Nitrit zu Nitrat.

Im Versuchsaufbau waren keine organischen Verbindungen vorhanden. Entzog er den Bakterien Ammonium oder Nitrit, so konnte er kein Wachstum der Kultur feststellen. Chemische Analysen ergaben außerdem, dass organisches, von Bakterien gebildetes Material proportional zu der Menge des oxidierten Ammoniaks oder Nitrits war. Das bedeutet, dass organische Verbindungen, z.B. Bakterienzellen, ausschließlich aus Kohlenstoffdioxid gebildet wurden.

Dies war ein Widerspruch zu den grundlegenden Vorstellungen, dass die Synthese von organischen Stoffen in der Natur nur von Pflanzen mit Chlorophyll und vorhandenem Licht möglich ist. Durch viele weitere Untersuchungen bestätigten sich die Erkenntnisse.

Um ein Bakterien-Ökosystem nach Winogradsky selbst zu erleben, wurde folgende Versuchsreihe unter Anleitung von Prof. Dr. Tina Treude durchgeführt. Es werden benötigt: Standzylinder, Seewasser, Sediment oder Erde, Papier, Eigelb, Calciumcarbonat, Calciumsulfat und Alufolie.

Um möglichst viele Aussagen von Winogradski nachvollziehen zu können, wird der Schlamm in den Säulen mit verschiedenen Kohlenstoff- oder Schwefelquellen versetzt. Der untere Teil der Säule wird mit Alufolie abgedunkelt, sodass nur das Wasser Licht bekommt.

Bei unserer Durchführung haben wir folgende Gruppen gewählt:

- Schlamm, Seewasser
- Schlamm, Calciumsulfat, Leitungswasser
- Schlamm, Calciumcarbonat, Leitungswasser
- Gartenerde, Papier, Biotopwasser
- Schlamm, Leitungswasser
- Schlamm, Eigelb, Seewasser

Die Laufzeit dieser Versuchsreihe beträgt ca. 3-4 Monate, bis man eindeutige Ergebnisse erhält.

In einer Winogradsky-Säule entwickeln sich unterschiedliche Schwefel- und Sauerstoffgradienten (vgl. Abb. 1). Die im Schlamm und Wasser vorhandenen Mikroorganismen siedeln sich entsprechend ihrer Ansprüche an ihre ökologische Nische in „Etagen“ an und vermehren sich im Laufe der Zeit so stark, dass sie als farbige Banden sichtbar werden. Am Boden der Säule herrscht Sauerstoffmangel und Schwefelwasserstoffüberschuss. Dort entwickeln sich nur Anaerobier wie z.B. die Rhodospirillen. Rhodospirillen können bei Licht Photosynthese durchführen, sie färben das Wasser rot. Aerobe Bakterien entwickeln sich dagegen nur an der Wasseroberfläche.

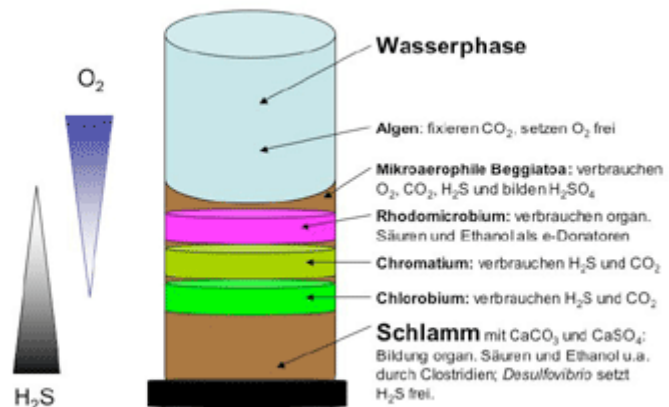


Abbildung 1: http://www.nugizentrum.de/uploads/pics/Winogradsky_Saeulell.gif

Die Säulen mit Calciumsulfat und Eigelb haben eine klare Trennlinie erhalten. An dieser Stelle leben vermehrt Schwefelbakterien (Abb. 2, rechts).



Abbildung 3: © C. Queisser

Die Säulen mit Papierschnipseln zeigen eine grünlich schimmernde Schicht (Abb. 3, links), die bei der Vergleichssäule (Schlamm + Seewasser) nicht auftaucht.

Die chemischen Prozesse dieses Ökosystems sind sehr komplex. Zum Einen „verbraucht“ ein Bakterium, etwas, das zu genüge vorhanden ist und das Reaktionsprodukt hilft wiederum einem anderen Bakterium bei der Energiegewinnung.



Abbildung 2: © C. Queisser

Nils-Frederik Schumacher, 2010
Überarbeitung: Christiane Queisser, 2011

Quellen:

<http://www.nugi-zentrum.de/experimente/oekologie/winogradski-saeule/ergebnisse.html>

Prof. Dr. Tina Treude, verschiedene Dokumente, Bad Segeberg, 2009.

M.T. Madigan et al.: Brock Mikrobiologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg-Berlin, 2003, S. 665 ff. + 724 ff.

http://www.nugi-zentrum.de/uploads/pics/Winogradsky_SaeuleII.gif