

## Langzeiteffekte von drei Ag<sub>2</sub>S-Nanomaterialien, Silbernitrat und bulk Ag<sub>2</sub>S auf Bodenmikroorganismen und Pflanzen

Karsten Schlich<sup>1</sup>, Martin Hoppe<sup>2</sup>, Marco Kraas<sup>1</sup>, Jonas Schubert<sup>3,4</sup>, Munish Chananae<sup>5,6</sup>, and Kerstin Hund-Rinke<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology, 57392 Schmallenberg, Germany

<sup>2</sup> Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 30655 Hannover, Germany

<sup>3</sup> Leibniz Institute of Polymer Research Dresden, 01069 Dresden, Germany

<sup>4</sup> Physical Chemistry of Polymer Materials, Technische Universität Dresden, 01062 Dresden, Germany

<sup>5</sup> Institute of Building Materials (IfB), ETH Zurich, 8093 Zurich, Switzerland

<sup>6</sup> Physical Chemistry II, University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany

e-mail: [karsten.schlich@ime.fraunhofer.de](mailto:karsten.schlich@ime.fraunhofer.de)

---

Auf dem Weg durch die Kanalisation in die Kläranlage unterliegen Silbernanomaterialien (AgNM) verschiedenen Transformationen. Primär bildet sich hierbei Silbersulfid (Ag<sub>2</sub>S) (Kaegi et al, 2011), welches als schwerlöslich und somit als nicht verfügbar für Organismen der aquatischen und terrestrischen Umwelt gilt. In der Kläranlage adsorbieren die AgNM zu einem Großteil (>90%) an den Klärschlamm. Klärschlämme werden aufgrund ihres hohen, gut verfügbaren Nährstoffanteils speziell an Phosphor auf landwirtschaftlichen Flächen innerhalb der EU ausgebracht.

Unser Hauptziel war es zu untersuchen, ob AgNMs, die vorab oder während einer Kläranlagensimulation sulfidiert wurden, eine Wirkung auf Bodenmikroorganismen und Pflanzen hervorrufen. Die drei partikulären Testmaterialien NM-300K, chemisch sulfidiertes NM-300K, ein nanopartikuläres Ag<sub>2</sub>S sowie bulk-Ag<sub>2</sub>S wurden mit einer Zulaufkonzentration von 1 mg/L, AgNO<sub>3</sub> mit einer Zulaufkonzentration von 0,5 mg/L kontinuierlich für 10 Tage in eine Laborkläranlage dosiert. Im Anschluss wurde der Klärschlamm geteilt und (i) entwässert und (ii) für 35 Tage bei 33 – 35 °C gefault. Der Klärschlamm beider Behandlungen wurde gemäß der deutschen Klärschlammverordnung in Boden eingearbeitet. Über 180 Tagen wurden die Wirkungen auf Ammonium oxidierende Bakterien (AOB, ISO 15685) und die substratinduzierte Atmung (SIR, OECD 217) untersucht. Zusätzlich wurde nach 60 Tagen AgNM-Alterung im Testboden aus jeder Behandlung eine Teilprobe entnommen und ein chronischer Pflanzentest mit Hafer (*Avena sativa*) durchgeführt. Wurzeln und Sprosse wurden auf die Aufnahme von Ag hin untersucht.

Die SIR erwies sich als ein weniger empfindliches Testsystem zur Bestimmung der Wirkung der verschiedenen Testmaterialien auf die Bodenmikroorganismen. Es wurden keine Effekte über die Versuchsdauer nachgewiesen. Für die AOB ergab sich eine zunehmende Hemmung mit zunehmender Versuchsdauer. Die Hemmung der drei unterschiedlichen nanopartikulären Testmaterialien war vergleichbar. Für das bulk-Ag<sub>2</sub>S ergab sich überraschenderweise ebenfalls eine, wenn auch geringere Wirkung auf die Aktivität der AOB. Die stärksten Effekte hatte jedoch das AgNO<sub>3</sub> trotz einer niedrigeren Ag-Konzentration im Boden-Klärschlamm-Gemisch von nur 50%. Das Pflanzenwachstum von *Avena sativa* wurde nicht beeinflusst. Niedrige Ag-Gehalte wurden in den Pflanzenwurzeln nachgewiesen. Die Ergebnisse zeigen, dass selbst vollständig sulfidiertes AgNM längerfristig für die Bodenmikroflora verfügbar ist.