

# WIRKUNG VON SILBERNANOPARTIKELN BEI LANDWIRTSCHAFTLICHER KLÄRSCHLAMMVERWERTUNG

## EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES IN THE CONTEXT OF SEWAGE SLUDGE USED IN AGRICULTURE

### Hintergrund und Ziele

Silbernanopartikel werden wegen ihrer antibakteriellen Eigenschaften unter anderem in zahlreichen Produkten des täglichen Lebens, wie beispielsweise Körperpflege- und Kosmetikartikel oder Kleidung, eingesetzt. Eine Reihe von Studien belegen, dass die Silbernanopartikel in Textilien häufig nicht dauerhaft eingebunden sind, sondern während des Waschvorganges freigesetzt werden können und zu einem hohen Prozentsatz an den Klärschlamm sorbieren. Etwa 30 % des in Deutschland anfallenden Klärschlamm wird landwirtschaftlich verwertet. Aussagen zum längerfristigen Verhalten von Silbernanopartikeln unter Berücksichtigung realistischer Nutzungsszenarien liegen bislang nicht vor.

Ziel der Studie war es, den Weg von Silbernanopartikeln von der Kläranlage bis zur landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm in Laborexperimenten zu simulieren und Aussagen zur Wirkung auf Mikroorganismen zu treffen.

### Projektbeschreibung

Die Untersuchungen wurden exemplarisch mit einem von der OECD ausgewählten Referenzmaterial (NM-300K, Figure 1) durchgeführt. Dieses wurde mit dem Abwasserstrom kontinuierlich in eine Modellkläranlage (Aufbau gemäß OECD-Test-Richtlinie 303A) eingespeist. Dabei wurden die Wirkung auf die Abbauprodukte der Mikroorganismen sowie der Austrag des Silbers über den Auslauf und die Sorption an Klärschlamm untersucht. Nach zehn Tagen wurde der Belebtschlamm entnommen, praxisgerecht entwässert und mit einem sandigen Boden vermischt. Dabei wurden die Vorgaben der deutschen Klärschlammverordnung berücksichtigt, wonach 5 t TS-Klärschlamm je Hektar in drei Jahren auf einen landwirtschaftlich genutzten Boden aufgebracht werden können. Dieser Boden wurde über einen Zeitraum von 140 - 180 Tagen bei 20 °C unter aeroben Bedingungen inkubiert. Zu verschiedenen Zeiten wurden Proben entnommen und unter anderem die mikrobielle Aktivität und Biodiversität untersucht.

### Ergebnisse

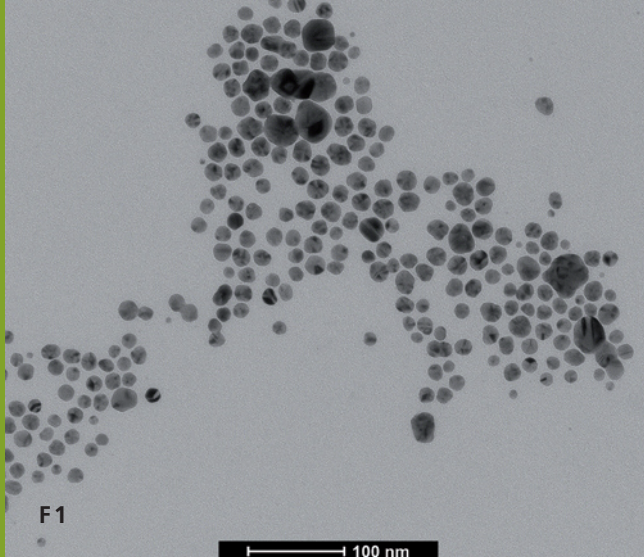
Mehr als 90 % des zugegebenen Silbers sorbierte an Klärschlamm. Eine Beeinträchtigung des Abbaus von organischer Substanz durch Mikroorganismen in der Modellkläranlage konnte bis zu einer kontinuierlichen Einlaufkonzentration an Silber von 4 mg/L nicht festgestellt werden. Bei der unrealistisch hohen Konzentration von 16 mg/L erfolgte eine kurzzeitige Reduktion der mikrobiellen Abbauleistung. Bei Einarbeitung des mit Silber beladenen Klärschlamm in Boden trat zunächst kein Unterschied in der mikrobiellen Aktivität zu dem Ansatz auf, der nur aus Klärschlamm-Boden-Gemisch bestand. Mit Abbau des Klärschlamm wurden Unterschiede offensichtlich, die am Ende der Versuchslaufzeit der Wirkung von reinem Referenzmaterial NM-300K entsprachen. Der Vergleich von PEC-Werten (PEC = predicted environmental concentration) aus Modellrechnungen für Boden, auf den mit Silbernanopartikeln belasteter Klärschlamm ausgebracht wurde, mit den in dieser Arbeit abgeleiteten PNECs (PNEC = predicted no effect concentration) für NM-300K zeigt, dass ein Risiko für terrestrische Organismen mittelfristig nicht auszuschließen ist.

### Fazit

Die Produktion und Anwendung von Silbernanopartikeln steigt, wodurch sich auch ihr Anteil im Klärschlamm erhöhen wird. Eine mittelfristige nicht tolerierbare Beeinträchtigung der Bodenqualität ließe sich vermeiden, wenn zu den in der AbfKlärV angegebenen Prüfparametern für Klärschlamm auch der Silbergehalt aufgenommen würde.

### Auftraggeber / Sponsor

Das Projekt wird durch Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), FKZ 03X0091C, finanziert.



## Background and aims

Silver nanoparticles are used in many hygiene products, cosmetics and clothes because of their antimicrobial properties. Several studies have shown that silver can be released from textiles during washing, and significant amounts adsorb to sewage sludge. Approximately 30% of the sewage sludge produced in Germany is used in agriculture, but there is little information available concerning the long-term behavior of silver nanoparticles in realistic environmental scenarios. The aim of this investigation was to simulate the path of silver nanoparticles from their introduction into wastewater treatment plants through to the agricultural use of sewage sludge, and to investigate their effects on microbes in the environment.

## Approach

We tested the NM-300K silver nanoparticles selected in the framework of the “OECD Sponsorship Programme for the Testing of Manufactured Nanomaterials” (Fig. 1). The particles were added continuously with sewage into a model wastewater treatment plant using the device described in the OECD test guideline 303A. We measured the amounts of nanoparticles present in the effluent and in the sewage sludge and determined their impact on microbial degradation activity. After an incubation period of 10 days the sludge was sampled, dewatered and mixed with a sandy agricultural soil based on the requirements of the German Sewage Sludge Ordinance. This states that up to 5 t of sewage sludge may be applied to agricultural soils every three years. The soil was incubated aerobically at 20°C for 140-180 days with periodic sampling to determine microbial activity and biodiversity as well as other parameters.

## Results

More than 90% of the added silver adsorbed to the sewage sludge. There was no effect on the biodegradation of organic substances in the wastewater treatment plant when silver

nanoparticles were added continuously at a rate of 4 mg/L. A short-term reduction in microbial degradation capacity was observed when the dose increased to 16 mg/L. The application of silver-contaminated sewage sludge to the soil initially had no impact on soil microbial activity (compared to uncontaminated sewage sludge). However, degradation of the sewage sludge resulted in differences between the test designs. At the end of the incubation period, we observed an effect comparable to that of the pure reference material NM-300K. For the risk assessment, the predicted no effect concentration (PNEC) for NM-300K was compared with the predicted effect concentration (PEC) derived from model calculations for soil treated with sewage sludge contaminated with silver nanoparticles. This states that a medium-term risk for terrestrial organisms caused by the repeated application of sewage sludge contaminated with silver cannot be excluded.

## Conclusion

One consequence of the increasing production and use of silver nanoparticles is the appearance of larger amounts of silver in sewage sludge. A medium-term non-acceptable effect on soil quality can be avoided by adding a silver threshold value to the test parameters already stated in the Sewage Sludge Ordinance.

## Contact / Ansprechpartner

Dr. Karsten Schlich  
Tel: +49 2972 302 -457  
karsten.schlich@ime.fraunhofer.de

Dr. Kerstin Hund-Rinke  
Tel: +49 2972 302 -266  
kerstin.hund-rinke@ime.fraunhofer.de

*Figure 1: Transmission electron micrograph of the silver nanomaterial NM-300K in mineral salt solution.*

*Figure 2: Sewage treatment plant.*