

Ökotoxizität von Nanopartikeln

Infoblatt

Nanopartikel – winzig kleine Strukturen mit mindestens einer Dimension unter 100 Nanometer – eröffnen durch ihr grosses Verhältnis von Oberfläche zu Volumen zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten z.B. in Materialveredelung, Halbleitertechnologie und Medizin. Sie sind wesentlich reaktiver als grössere Partikel und haben spezielle optische Eigenschaften. Über ihr Verhalten in der Umwelt ist allerdings noch wenig bekannt. Gerade durch ihre geringe Grösse könnten sie auf Organismen schädlich wirken, da sie in der Lage sind, mit biologischen Molekülen zu interagieren und Zellmembranen zu überwinden.

Arten und Anwendung von Nanopartikeln

Die wichtigsten im grösseren Massstab eingesetzten Nanopartikel sind:

- Metalloxide wie Titanoxid, Siliziumoxid, Aluminiumoxid, Zinkoxid und Eisenoxid. Sie werden unter anderem in Kosmetika (UV-Schutz, Stabilisator), Nahrungsmitteln (z.B. zur Verbesserung der Rieselfähigkeit oder Haftfähigkeit), Farben (Korrosionsschutz, Kratzfestigkeit), Putzmitteln (Oberflächenversiegelung) und Sanitärkeramik (Oberflächenveredelung) eingesetzt.
- Metalle wie Silber und Gold. Silber-Nanopartikel werden unter anderem in modernen Sporttextilien, Fassadenfarben, Zahnbürsten und Körperpflegeprodukten eingesetzt (keimabtötende Wirkung). Nanogold findet hauptsächlich in der Medizin eine Anwendung.
- Kohlenstoff in Form von Carbon Black (Industrieruss) oder Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Carbon Nanotubes). Carbon Black wird häufig in Autoreifen eingesetzt (bessere Haftung), Nanotubes dagegen in Sportartikeln (höhere Stabilität).
- Halbleiter-Nanopartikel wie Cadmiumselenid oder Galliumarsenid. Diese werden zum Beispiel in Solarzellen angewendet.

Mobilität von Nanopartikeln in der Umwelt

Gut dispergierte Nanopartikel sind sehr mobil. In wässrigem Medium haben sie aber die Tendenz, sich zu festeren (Aggregation) oder lockereren (Agglomeration) Gruppen zusammen zu lagern, was ihre Mobilität verringert. Hierbei spielen die Oberflächeneigenschaften der Nanopartikel eine wichtige Rolle, besonders ihre Oberflächenladung. Die Oberflächeneigenschaften der Nanopartikel können durch ihre Wechselwirkung mit Huminstoffen stark beeinflusst werden. Auch die künstliche Veränderung der Nanopartikel-Oberflächen durch Beschichtungen verändert ihre physikochemischen Eigenschaften: Die Partikel können dadurch etwa stabilisiert werden, so dass sie sich nicht mehr ab- oder zusammenlagern und daher wesentlich mobiler sind. Nanopartikel können ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften auch verändern, nachdem sie von Organismen aufgenommen wurden.

Aufnahme durch Tiere und Pflanzen

Im Vergleich zu vielen anderen Schadstoffen ist über die genaue Aufnahme und Wirkung von Nanopartikeln auf Organismen noch sehr wenig bekannt. Wasserlebende Tiere nehmen Nanopartikel prinzipiell über die Kiemen, die Haut und den Darm auf. Bei Fischen ist besonders die Aufnahme über die Kiemen wichtig. Landlebende Tiere und Menschen nehmen Nanopartikel über Haut, Darm und Lunge auf. Besonders kritisch bei landlebenden Tieren und Menschen ist die Aufnahme über die Lunge. Die Nanopartikel können durch ihre geringe Grösse bis in die feinsten Strukturen der Lungen eindringen, und die Grenzschicht zwischen Lunge und Blutkreislauf reagiert besonders empfindlich auf Fremdkörper. Es konnte bereits gezeigt werden, dass Metalloxid-Nanopartikel in Lungenzellen verschiedener Organismen und Zellkulturen aufgenommen werden. Bei Pflanzen, Algen und Pilzen wirkt die Zellwand als eine gewisse Barriere. Entscheidend für die Aufnahme in alle Zellarten ist die Partikelgrösse. In tierischen Zellen werden die Nanopartikel hauptsächlich in Lysosomen gefunden und scheinen nicht in den Zellkern zu gelangen.

Effekte und Toxizität von Nanopartikeln auf Organismen

Durch ihr grosses Oberfläche-zu-Volumenverhältnis können Nanopartikel reaktiver und dadurch schädlicher sein als Partikel herkömmlicher Grösse. Die grössere Reaktivität führt dazu, dass die Nanopartikel Redoxreaktionen und Atmungsprozesse der Zelle beeinflussen können. Zellmembranen und andere Zellstrukturen werden dann durch die Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies (reactive oxygen species = ROS) angegriffen.

In einem anderen Wirkmechanismus werden giftige Ionen (z.B. Metalle) aus den Nanopartikeln herausgelöst und wirken dann auf die Zellen ein. Es ist noch nicht klar, wie giftig Metall-Nanopartikel verglichen mit Metallionen sind. Allerdings wirken zum Beispiel Silber-Nanopartikel giftiger auf Algen, als es durch die abgelösten Silberionen allein erklärt werden kann. Eine mögliche Erklärung ist, dass das Nanosilber durch seine direkte Wechselwirkung mit den Algen vermehrt Silberionen freisetzt. In einem anderen Beispiel wurden Wolframcarbid-Nanopartikel auch dann von Kiemenzellen der Regenbogenforelle aufgenommen, wenn sie agglomeriert waren. Die Toxizität des kobalthaltigen Wolframcarbids liess sich nicht allein durch die abgelösten Kobaltionen erklären.

Nanopartikel können auch indirekt Lebewesen schädigen. Kohlenstoff-Nanoröhrchen sind nicht direkt giftig für Grünalgen. Sie verklumpen aber mit den Algenzellen und hemmen dadurch das Algenwachstum. Indirekt giftig wirken Nanopartikel auch, indem sie den Transport von giftigen Ionen (z.B. Kobalt, Zink, Kupfer) in die Zellen erhöhen, die sonst wegen ihrer Ladung nicht herein gelangen würden: Hier spricht man von einem Trojan Horse Effect. Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass sich Nanopartikel beim Transfer in höhere Tiere innerhalb der Nahrungskette anreichern können.

Links

InfNano: Zentrale Informationsstelle des Bundes zur Nanotechnologie

www.bag.admin.ch/nanotechnologie

Synthetische Nanomaterialien. Risikobeurteilung und Risikomanagement. Grundlagenbericht zum Aktionsplan.(2007) Umwelt-Wissen Nr. 0721. Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Gesundheit, Bern. 284 S.

<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00058>

Chancen und Risiken von Nanomaterialien: Nationales Forschungsprogramm NFP 64

www.nfp64.ch

Kontakt

Oekotoxzentrum Eawag/EPFL, 058 765 5562, info@oekotoxzentrum.ch

as; Mai 2012