



Den Kleinsten auf der Spur

19. Juni 2018 | Christine Arnold

Themen: Schadstoffe | Ökosysteme

Nanomaterialien bestehen aus winzigen Partikeln verschiedener Zusammensetzung. Sie kommen zum Beispiel in Textilien zum Einsatz und können sowohl aus der Fabrik als auch beim Tragen oder bei der Entsorgung ins Wasser gelangen. Seit Jahren untersuchen Forschungsgruppen der Eawag die Auswirkungen solch künstlich hergestellter Nanopartikel auf Mensch und Umwelt. Vorläufiges Fazit: Nanopartikel haben einen schlechteren Ruf, als sie verdienen.

Sie machen Kunststoffe stärker, halten UV-Strahlen ab, reduzieren den Schweißgeruch in T-Shirts oder sorgen für ein besseres Abperlen des Wassers: Künstliche Nanopartikel kommen in zahlreichen Produkten zum Einsatz. Sie sind einen bis hundert Nanometer klein – ein Haar hat bereits einen Durchmesser von etwa 10 000 Nanometern. Damit sind die Partikel schlecht fassbar, was vielleicht mit ein Grund ist für ihren oft zweifelhaften Ruf in der breiten Bevölkerung. Doch die Winzlinge sind keineswegs nur eine Erfindung des Menschen. Natürliche Nanopartikel finden sich in Vulkanasche oder im Rauch von Holzfeuern, und auch biologische und chemische Teilchen wie Fetttropfchen in der Milch oder kleine Eiweisse im Blut sind nanoskalig.

Umwandlung in Kläranlage

Auch künstlich hergestellte Nanopartikel können in die Umwelt gelangen – während des gesamten Lebenszyklus eines Produkts. Wie sich die Partikel dort verhalten und welche Effekte sie auslösen, sind Fragen, mit denen sich Forschende weltweit seit Jahren auseinandersetzen. Einer von ihnen ist Ralf Kägi, Experte für Nanopartikel an der Eawag. In einer 2017 erschienenen Studie untersuchte er mit seinem Team beispielsweise die Umwandlung von Kupferoxid-Nanopartikeln im Abwasser. Diese kommen in Schalt- und Leiterbahnen oder auch bei der Holzimprägnierung zum Einsatz. Man vermutete, dass Kupferoxid in Kläranlagen zu Kupfersulfid umgewandelt wird und damit seine Toxizität

weitgehend verliert. Tatsächlich: Innerhalb Minuten werden Kupferpartikel zu Covellin, einem Kupfersulfid, umgebaut. Dieses Mineral findet sich in der Natur oft als dünne Schicht auf anderen Gesteinen. Dazu Kägi: «So werden die gelösten Kupfer-Ionen gebunden und die Partikel verlieren ihre nanospezifischen Eigenschaften.»

Viele landen im Klärschlamm

Auch andere Nanopartikel werden in Kläranlagen schnell umgewandelt und gelangen zu 95 % bis 99 % in den Klärschlamm. «Dieser wird verbrannt und deponiert – damit sind die künstlichen Nanopartikel nicht mehr im Umlauf», sagt Kägi. Mit seinem Team hat er in verschiedenen Studien die Risiken mehrerer Nanomaterialien für Mensch und Umwelt analysiert. «Mit Silber, das vor allem in Textilien verwendet wird, haben wir angefangen. Unter realitätsnahen Bedingungen haben wir in Experimenten auf Pilotanlagen der Eawag auch Nanopartikel mit Kupfer, Zink, Titan oder Cer angeschaut», erzählt er. Letzteres wird in Schleifpulver und Glaslinsen verwendet, Titan ist ein Bestandteil von Sonnencremes und mit Kupfer werden Boote angestrichen. Die Resultate glichen sich: «Kläranlagen bauen die reaktiven Nanopartikel, die derzeit verwendet werden, relativ schnell in weniger bedenkliche Partikel um und entfernen sie so sehr effizient aus dem Abwasser.»

Ökotoxikologie untersucht biologische Reaktionen

Eher mit fundamentalen Prozessen befasst sich die Abteilung Umwelttoxikologie unter der Leitung von Kristin Schirmer. «Wir erforschen den Einfluss insbesondere von häufig verwendeten metallischen Nanopartikeln auf Lebewesen verschiedener ökologischer Organisationsstufen: Von Algen über Biofilme, Zelllinien, Embryonen bis hin zu Fischen», erklärt Ökotoxikologin Ahmed Tlili. Diese Untersuchungen finden im Labor statt. Obwohl eine Reihe von Effekten bei sehr niedrigen Konzentrationen auftreten, sind die Konzentrationen in der Regel höher als jene in der Umwelt.

Die Ökotoxikologinnen haben beispielsweise untersucht, wie gut die Alge *Chlamydomonas reinhardtii* Cer und Ceroxid-Nanopartikel aufnimmt. Diese werden als Zusatzstoffe verwendet, zum Beispiel in Keramik für Zahnfüllungen, in der Beschichtung selbstreinigender Backöfen oder als Enttrübungsmittel in Spezialgläsern wie Windschutzscheiben. Für ihre Studie verglichen die Forschenden, wie der Wildtyp der Alge und ein Mutant ohne Zellwand gelöstes Cer und Cerdioxid-Nanopartikel aufnehmen. Beim Cerdioxid zeigte sich kein Unterschied, das gelöste Cer hingegen wurde vom Mutanten besser aufgenommen. Dies liess die Forschenden vermuten, dass das zelluläre Cerium im Wildtyp stark an die Zellwand anhaftet und diese deshalb weniger passiert.

«Algen können Nanopartikel oft nicht aufnehmen», bestätigt Ahmed Tlili. «Sind allerdings metallische Bestandteile im Wasser gelöst, können diese bei Algen und Bakterien Effekte hervorrufen. Diese werden demnach indirekt von den Nanopartikeln hervorgerufen.» Biofilme hingegen zeigen eine Reaktion auf die Nanopartikel: «Mikrobiologische Organismengruppen wachsen weniger und die Atmungsrate sinkt. Dadurch steht für höhere Organismen weniger Nahrung zur Verfügung», erklärt Tlili.

Künstliche und natürliche Quellen unterscheiden

Dank der umfassenden Forschung in verschiedene Stossrichtungen ist mittlerweile für die gängigen Nanopartikel besser bekannt, wie sie in die Umwelt gelangen und wo sie zum Schluss enden. Auch eine grosse Zahl an Analysemethoden steht heute zur Verfügung. Diese machen zum Beispiel möglich, künstliche und natürliche Nanopartikel zu unterscheiden. Ein Beispiel ist Titandioxid, das in Sonnencreme verwendet und beim Baden von der Haut abgewaschen wird. Filter von Schwimmbädern entfernen das Titan fast vollständig aus dem Wasser. Im Freibad, in Seen und Flüssen gibt es diese Barriere nicht. Titanhaltige Nanopartikel kommen aber auch natürlicherweise vor – in Gewässern in einer Konzentration von rund 5000 Partikeln pro Milliliter.

In einer kürzlich veröffentlichten Studie untersuchten Forschende der Universität Wien, der Eawag und der Schwedischen Hochschule für Landwirtschaft gemeinsam, ob und wie viel Titandioxid beim Baden aus Sonnencreme in Flüsse und Seen gelangt und später im Sediment abgelagert wird. Sie nutzten die Tatsache, dass natürliche Titanpartikel oft gemeinsam mit Eisen, Mangan, Blei oder Aluminium vorkommen, während bei künstlichen Titananopartikeln kein typischer «Hintergrund» erkennbar ist. «Dadurch können wir unterscheiden, woher die Partikel kommen», sagt Kägi. In der Donau stellten die Forschenden fest, dass die Titanoxidkonzentration in der Badesaison anstieg. Dieser Eintrag via Sonnencreme war allerdings viel kleiner als der natürlich vorhandene Anteil.

Auch bei Ceroxid kann mittlerweile künstliches von natürlichem Nanomaterial unterschieden werden. Kägi erklärt: «Natürliches Ceroxid kommt im Gegensatz zu künstlichem meist zusammen mit Lanthan vor. Diese Tatsache macht eine Unterscheidung möglich.»

Keine akuten Effekte unter natürlichen Bedingungen

Welche Fortschritte die Nano-Forschung in den letzten 10 Jahren gemacht hat und wie es weitergehen soll, dazu tauschten sich internationale Experten unter der Leitung der Empa und der Eawag im März 2017 auf dem Monte Verità aus. Sie hielten fest, dass sich in Laborexperimenten Effekte von Nanopartikeln auf diverse Organismen nach einer kurzen Exposition beobachten lassen. Diese treten aber vor allem bei hohen Konzentrationen auf, die sich in der Umwelt nicht beobachten lassen. «Solche Laborversuche sind wichtig, um grundlegende Prozesse zu verstehen. Aber oft sind sie relativ weit weg von der Realität», sagt Kägi. «Unter realitätsnahen Bedingungen sehen wir keine akuten Effekte auf Organismen und Ökosysteme – immer unter der Voraussetzung, dass die Nanomaterialien nicht aus toxischen Materialien wie Schwermetallen bestehen.»

Forschungsfokus verlagert sich

Künftig möchten sich die Forschenden der Eawag auf die vielen noch offenen Fragen konzentrieren: Welche chronischen Effekte können künstliche Nanopartikel auslösen? Wie reagieren Lebensgemeinschaften und Ökosysteme, die langfristig einer Kombination verschiedener Nanomaterialien ausgesetzt sind? Was geschieht mit Nanomaterialien, wenn sie verbrannt werden? «Mit den grossen vorhandenen Datenmengen wollen wir die Risikomodellierung verbessern», ergänzt Tlili. «Zudem wollen wir künftig weniger ursprüngliche Nanomaterialien erforschen und uns eher auf Partikel konzentrieren, die in der Umwelt gealtert sind.» Letzteres gilt auch für die Forschung der Gruppe um Kägi. Geplant ist eine Untersuchung, wie Cerdioxid-Nanopartikel während des Klärprozesses sowie der Schlammbehandlung und -verbrennung umgewandelt werden. Zudem wollen die Forschenden herausfinden, ob die Nanopartikel aus der deponierten Asche des Klärschlammes wieder mobilisiert wird.

Publikationen

```
.extbase-debugger-tree{position:relative}.extbase-debugger-tree input{position:absolute
!important;float:none !important;top:0;left:0;height:14px;width:14px;margin:0
!important;cursor:pointer;opacity:0;z-index:2}.extbase-debugger-tree input~.extbase-debug-
content{display:none}.extbase-debugger-tree .extbase-debug-header:before{position:relative;
op:3px;content:"";padding:0;line-height:10px;height:12px;width:12px;text-align:center;margin:0
3px 0 0;background-image:url(data:image/svg+xml;base64,PD94bWwgdmVyc2lvbj0iMS4wIjBl
bmNvZGluc3RmLTgiPz48c3ZnIHZlcnNpb249IjEuMSIgaWQ9IkViZW5lXzEiHhtbG5zPSJ
odHRwOi8vd3d3LnczLm9yZy8yMDAwL3N2ZylgeG1sbnM6eGxpbnM6Imh0dHA6Ly93d3d3Lm9yZy8y
Mub3JnLzE5OTkveGxpbnM6Ilhg9ljbWecCigeT0iMHB4IiB2aWV3Qm94PSlwIDAgMTIiMTIiIHh0eWxI
PSJlbnM6IjYmFja2dyb3VuZDpuZXcgMCAwIDEyIjE5OTkveGxpbnM6IjYmFja2dyb3VuZDpuZXcgMCAw
mVzZXJ2ZSI+PHN0eWxIHR5cGU9InRleHQvY3NzIj4uc3Qwe2ZpbGw6IzgzODg0ODt9PC9z
dHlsZT48GF0aCBpZD0iQm9yZGVyIjBjbGFzc0ic3QwIiBkPSJNMTEsMTFIMFYwaDEExVjEx
```

```

eiBNMTAsMUgxdjloOVYxeilvPjxnIGIkPSJJbm5Icil+PHJIY3QgeD0iMilgeT0iNSIgy2xhc3M9In
N0MCIgd2IkdGg9IjciGHlaWdodD0iMSIvPjxyZWN0IHg9IjUiIHk9IjIiIGNsYXNzPSJzdDAiIHdpZ
HRoPSlxiBoZWInaHQ9IjciLz48L2c+PC9zdmc+);display:inline-block}.extbase-debugger-tree
input:checked~.extbase-debug-content{display:inline}.extbase-debugger-tree input:checked~.
extbase-debug-header:before{background-image:url(data:image/svg+xml;base64,PD94bWwg
dmVyc2lvbj0iMS4wliBlbmNvZGluc2ludXRmLTgiPz48c3ZnIHZlcnNpb249IjEuMSIgaWQ9IktViZ
W5lXzEiIHhtbG5zPSJodHRwOi8vd3d3LnczLm9yZy8yMDAwL3N2ZyIgeG1sbnM6eGxpbnM6eG1
mh0dHA6Ly93d3cudzMub3JnLzE5OTkveGxpbnM6eGxpbnM6eG1sbnM6eG1sbnM6eG1sbnM6eG1sbnM6
SlwIDAgtMTIiIHh0eWxIPSJlbnFibGUtYmFja2dyb3VuZDpuZXcgMCAwIDEyIDYyOylgeG1sbnM6
1sOnNwYWNIIPSJwcmVzZXJ2ZSI+PHN0eWxIIHR5cGU9InRleHQvY3Nzlj4uc3Qwe2ZpbGw6
lzg4ODg4ODt9PC9zdHlsZT48cGF0aCBpZD0iQm9yZGVyIjBjbGFzZ3QwIiBkPSJNMTEsMTI
TFIMFYwaDEExVjExeiBNMTAsMUgxdjloOVYxeilvPjxnIGIkPSJJbm5Icil+PHJIY3QgeD0iMilgeT
0iNSIgy2xhc3M9InN0MCIgd2IkdGg9IjciGHlaWdodD0iMSIvPjwvZz48L3N2Zz4=)}.extbase-
debugger{display:block;text-align:left;background:#2a2a2a;border:1px solid #2a2a2a;box-
shadow:0 3px 0 rgba(0,0,0,.5);color:#000;margin:20px;overflow:hidden;border-radius:4px}.ext
base-debugger-floating{position:relative;z-index:999}.extbase-debugger-
top{background:#444;font-size:12px;font-family:monospace;color:#f1f1f1;padding:6px
15px}.extbase-debugger-center{padding:0 15px;margin:15px 0;background-image:repeating-
linear-gradient(to bottom,transparent 0,transparent 20px,#252525 20px,#252525
40px)}.extbase-debugger-center,.extbase-debugger-center .extbase-debug-string,.extbase-
debugger-center a,.extbase-debugger-center p,.extbase-debugger-center pre,.extbase-
debugger-center strong{font-size:12px;font-weight:400;font-family:monospace;line-
height:20px;color:#f1f1f1}.extbase-debugger-center pre{background-color:transparent;margin:
0;padding:0;border:0;word-wrap:break-word;color:#999}.extbase-debugger-center .extbase-
debug-string{color:#ce9178;white-space:normal}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
type{color:#569CD6;padding-right:4px}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
unregistered{background-color:#dce1e8}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
filtered,.extbase-debugger-center .extbase-debug-proxy,.extbase-debugger-center .extbase-
debug-ptype,.extbase-debugger-center .extbase-debug-visibility,.extbase-debugger-center
.extbase-debug-scope{color:#fff;font-size:10px;line-height:12px;padding:2px 4px;margin-
right:2px;position:relative;top:-1px}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
scope{background-color:#497AA2}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
ptype{background-color:#698747}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
visibility{background-color:#698747}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
dirty{background-color:#FFFFFFB6}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
filtered{background-color:#4F4F4F}.extbase-debugger-center .extbase-debug-seeabove{text-
decoration:none;font-style:italic}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
property{color:#f1f1f1}.extbase-debugger-center .extbase-debug-
closure{color:#9BA223;}Extbase Variable Dumparray(2 items) publications =>
'8024,16584,16550,15475' (22 chars) libraryUrl => " (0 chars) Extbase Variable Dumparray(4
items) 0 => Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity
(uid=8024, pid=124) originalId => protected8024 (integer) authors =>
protected'Gil-Allué,&nbsp;C.; Schirmer,&nbsp;K.; Tlili,&nbsp;A.; Gessner,&nbsp;M.&nbsp;
p;O.; Behra,&nbsp;R.' (96 chars) title => protected'Silver nanoparticle effects on stream
periphyton during short-term exposures' (76 chars) journal => protected'Environmental
Science and Technology' (36 chars) year => protected2015 (integer) volume => protected49
(integer) issue => protected'2' (1 chars) startpage => protected'1165' (4 chars) otherpage =>
protected'1172' (4 chars) categories => protected" (0 chars) description => protected'Silver

```

nanoparticles (AgNP) are increasingly used as antimicrobials in consumer products. Subsequently released into aquatic environments, they are likely to come in contact with microbial communities like periphyton, which plays a key role as a primary producer in stream ecosystems. At present, however, very little is known about the effects of nanoparticles on processes mediated by periphyton communities. We assessed the effects of citrate-coated silver nanoparticles and silver ions (dosed as AgNO₃) on five functional end points reflecting community and ecosystem-level processes in periphyton: photosynthetic yield, respiration potential, and the activity of three extracellular enzymes. After 2 h of exposure in experimental microcosms, AgNP and AgNO₃ inhibited respiration and photosynthesis of periphyton and the activities of two of the three extracellular enzymes. Addition of a chelating ligand that complexes free silver ions indicated that, in most cases, toxicity of AgNP suspensions was caused by Ag(I) dissolved from the particles. However, these suspensions inhibited one of the extracellular enzymes (leucine aminopeptidase), pointing to a specific nanoparticle effect independent of the dissolved Ag(I). Thus, our results show that both silver nanoparticles and silver ions have potential to disrupt basic metabolic functions and enzymatic resource acquisition of stream periphyton.' (1427 chars) serialnumber => protected'0013-936X' (9 chars) doi => protected'10.1021/es5050166' (17 chars) uid => protected8024 (integer) _localizedUid => protected8024 (integer)modified _languageUid => protectedNULL _versionedUid => protected8024 (integer)modified pid => protected124 (integer) 1 => Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity (uid=16584, pid=124) originalId => protected16584 (integer) authors => protected'Gondikas, A.; Von Der Kammer, F.; Kaegi, R.; Borovinskaya, O.; Neubauer, E.; Navratilova, J.; Praetorius, A.; Cornelis, G.; Hofmann, T.' (180 chars) title => protected'Where is the nano? Analytical approaches for the detection and quantification of TiO₂ engineered nanoparticles in surface waters' (139 chars) journal => protected'Environmental Science: Nano' (27 chars) year => protected2018 (integer) volume => protected5 (integer) issue => protected'2' (1 chars) startpage => protected'313' (3 chars) otherpage => protected'326' (3 chars) categories => protected'' (0 chars) description => protected'Detecting and quantifying engineered nanoparticles (ENPs) in complex environmental matrices requires the distinction between natural nanoparticles (NNPs) and ENPs. The distinction of NNPs and ENPs for regulatory purposes calls for cost-efficient methods, but is hampered by similarities in intrinsic properties, such as particle composition, size, density, surface chemistry, etc. Titanium dioxide (TiO₂) ENPs, for instance, are produced in very large quantities but Ti also commonly occurs naturally in nano-scale minerals. In this work, we focus on utilizing particle size and composition to identify ENPs in a system with a significant background concentration of the target metal. We have followed independent approaches involving both conventional and state-of-the-art analytical techniques to detect and quantify TiO₂ ENPs released into surface waters from sunscreen products and to distinguish them from Ti-bearing NNPs. To achieve this, we applied single particle inductively coupled plasma mass spectrometry with single-element (spICPMS) and multi-element detection (time-of-flight) spICP-TOFMS, together with transmission electron microscopy (TEM), automated scanning electron microsc

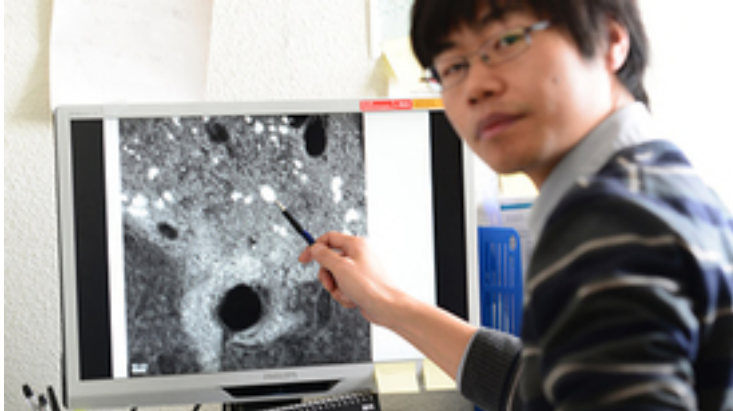
opy (autoSEM), and bulk elemental analyses. A background concentration of Ti-bearing NPs (approximately 5×10^3 particles per ml), possibly of natural origin, was consistently observed outside the bathing season. This concentration increased by up to 40% during the bathing season. Multi-element analysis of individual particles using spICP-TOFMS revealed that Al, Fe, Mn, and Pb are often present in natural Ti-bearing NPs, but no specific multi-element signatures were detected for ENPs. Our data suggests that TiO_2 ENPs enter the lake water during bathing activities, eventually agglomerating and sedimenting. We found adhesion of the TiO_2 ENPs to the air-water interface for short time periods, depending on wind conditions. This study demonstrates... (2325 chars) serialnumber => protected'2051-8153' (9 chars) doi => protected'10.1039/c7en00952f' (18 chars) uid => protected16584 (integer) _localizedUid => protected16584 (integer)modified _languageUid => protectedNULL _versionedUid => protected16584 (integer)modified pid => protected124 (integer) 2 => Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity (uid=16550, pid=124) originalId => protected16550 (integer) authors => protected'Kosak née Röhder, L. A.; Brandt, T.; Sigg, L.; Behra, R.' (83 chars) title => protected'Uptake and effects of cerium(III) and cerium oxide nanoparticles to *Chlamydomonas reinhardtii*' (100 chars) journal => protected'Aquatic Toxicology' (18 chars) year => protected2018 (integer) volume => protected197 (integer) issue => protected'' (0 chars) startpage => protected'41' (2 chars) otherpage => protected'46' (2 chars) categories => protected'cerium; cerium oxide nanoparticles; calcium; uptake; cell wall free mutant; algae' (81 chars) description => protected'Cerium (Ce) and cerium oxide nanoparticles (CeO_2 NP) are increasingly used in different applications. Upon their release into the aquatic environment, the exposure of aquatic organisms becomes likely. In this study, the uptake of CeO_2 NP and Ce^{3+} into the wild type and cell wall free mutant of *Chlamydomonas reinhardtii* was examined upon short term exposure. Separation of CeO_2 NP and Ce^{3+} not taken up or loosely bound to the cells was performed by washing algae with EDTA.
 Despite a concentration and time dependent increase of cellular Ce upon exposure to CeO_2 NP with the maximal calculated Ce concentration corresponding to 1.1 CeO_2 NP per cell, an internalization of CeO_2 NP with a mean size of 140 nm in *C. reinhardtii* was excluded. In contrast, dissolved Ce^{3+} (1 and 10 μM) was taken up both in the wild type and cell wall free mutant cell (wild type) and 9.0×10^5 mol L (cell wall free mutant). Based on competition with Ca^{2+} for Ce^{3+} uptake, on the comparison of the wild type and the cell wall free mutant and on inhibition of photosynthetic yield, we suggest that no efficient uptake routes for Ce^{3+} are available in *C. reinhardtii* and that a fraction of the cellular Ce in the wild type strongly sorbs to the algal cell wall.' (1655 chars) serialnumber => protected'0166-445X' (9 chars) doi => protected'10.1016/j.aquatox.2018.02.004' (29 chars) uid => protected16550 (integer) _localizedUid => protected16550 (integer)modified _languageUid

=> protectedNULL _versionedUid => protected16550 (integer)modified pid => protected124 (integer) 3 => Snowflake\Publications\Domain\Model\Publicationprototypepersistent entity (uid=15475, pid=124) originalId => protected15475 (integer) authors => protected'Gogos, A.; Thalmann, B.; Voegelin, A.; Kaegi, R.' (68 chars) title => protected'Sulfidation kinetics of copper oxide nanoparticles' (50 chars) journal => protected'Environmental Science: Nano' (27 chars) year => protected2017 (integer) volume => protected4 (integer) issue => protected'8' (1 chars) startpage => protected'1733' (4 chars) otherpage => protected'1741' (4 chars) categories => protected'' (0 chars) description => protected'Sulfidation of copper oxide nanoparticles (CuO NPs) in urban wastewater systems is expected to influence their impact on the environment. However, the kinetics of this reaction has not been studied to date and the reaction mechanism remains largely unexplored. We therefore investigated the sulfidation kinetics of CuO NPs reacted with bisulfide (HS[?]) at concentrations relevant to wastewater systems. Pristine CuO NPs (50 nm, 7.7 ?M) were reacted with HS[?] (26.4–105.6 ?M) in oxic solutions buffered to pH 8.0. The reaction progress was monitored using silver nitrate to quench the reaction and selectively dissolve the copper sulfides (Cu_x) and zincon to spectrophotometrically quantify the released Cu²⁺. In addition, the reaction products were characterized at selected time points using analytical electron microscopy and X-ray absorption spectroscopy (XAS). The sulfidation rate of the CuO NPs was best described by a pseudo first order rate law and the corresponding half-life times ranged between 1 and 6 minutes. XAS results showed that crystalline CuO NPs rapidly transformed into amorphous Cu_xS and gradually into crystalline CuS (covellite). The comparable size of pristine and transformed primary particles, the similar morphology of their aggregates, and the initial formation of CuO–Cu_xS core–shell structures revealed by analytical electron microscopy suggest that the initial sulfidation occurred via a direct conversion reaction mechanism. Our findings suggest that CuO NPs released from various sources into wastewater will rapidly transform into amorphous Cu_xS and eventually recrystallize into covellite.' (1741 chars)

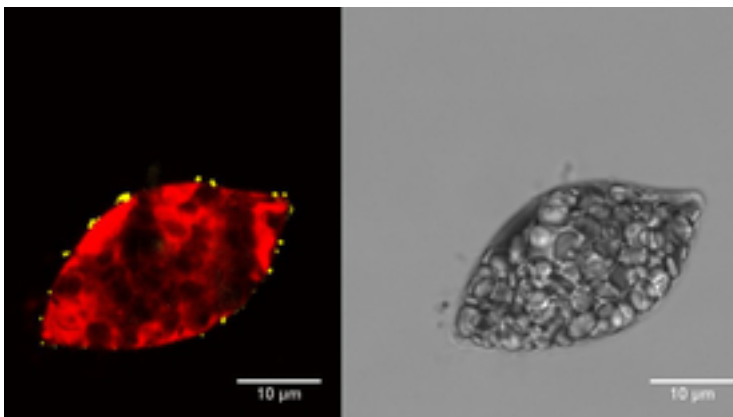
serialnumber => protected'2051-8153' (9 chars) doi => protected'10.1039/C7EN00309A' (18 chars) uid => protected15475 (integer) _localizedUid => protected15475 (integer)modified _languageUid => protectedNULL _versionedUid => protected15475 (integer)modified pid => protected124 (integer) Gil-Allué, C.; Schirmer, K.; Tlili, A.; Gessner, M. O.; Behra, R. (2015) Silver nanoparticle effects on stream periphyton during short-term exposures, *Environmental Science and Technology*, 49(2), 1165-1172, doi:10.1021/es5050166, [Institutional Repository](#) Gondikas, A.; Von Der Kammer, F.; Kaegi, R.; Borovinskaya, O.; Neubauer, E.; Navratilova, J.; Praetorius, A.; Cornelis, G.; Hofmann, T. (2018) Where is the nano? Analytical approaches for the detection and quantification of TiO₂ engineered nanoparticles in surface waters, *Environmental Science: Nano*, 5(2), 313-326, doi:10.1039/c7en00952f, [Institutional Repository](#) Kosak née Röhder, L. A.; Brandt, T.; Sigg, L.; Behra, R. (2018) Uptake and effects of cerium(III) and cerium oxide nanoparticles to *Chlamydomonas reinhardtii*, *Aquatic Toxicology*, 197, 41-46, doi:10.1016/j.aquatox.2018.02.004, [Institutional Repository](#) Gogos, A.; Thalmann, B.; Voegelin, A.; Kaegi, R. (2017) Sulfidation kinetics of copper oxide nanoparticles, *Environmental Science: Nano*, 4(8), 1733-1741, doi:10.1039/C7EN00309A, [Institutional Repository](#)

Nowack, B., 2009. The behavior and effects of nanoparticles in the environment. Environ. Pollut. 157, 1063–1064.

Fotos



Ökotoxikologe Xiaomei Li zeigt Nanopartikel, die von Zellen aufgenommen worden sind.



Euglena gracilis, nachdem die Alge während zwei Stunden fluoreszierenden Nanopartikeln ausgesetzt worden ist. Fluoreszierende Partikel (links, gelb) finden sich aussen an der Algenzelle, deren inneres rot fluoresziert (im Vergleich zum Erscheinen in der Transmissionmikroskopie rechts).
(Quelle: Eawag, Xiaomei Li)

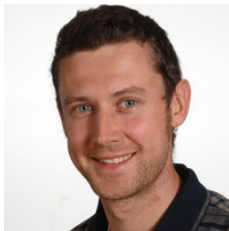


In Versuchen an der Eawag testen die Forschenden Methoden, mit denen künstliche Titandioxid-Nanopartikel aus Sonnencreme im Wasser analysiert werden können.



Nach dem Bad entnehmen die Forschenden Wasserproben, um diese auf künstliche Titandioxid-Nanopartikel aus der Sonnencreme zu analysieren.

Kontakt



Ralf Kägi

Tel. +41 58 765 5273

ralf.kaegi@eawag.ch

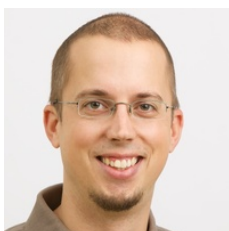


Kristin Schirmer

Gruppenleiterin und stellv. Abteilungsleiterin

Tel. +41 58 765 5266

kristin.schirmer@eawag.ch



Alexander Gogos

Tel.

alexander.gogos@eawag.ch



Andri Bryner

Medienverantwortlicher

Tel. +41 58 765 5104

andri.bryner@eawag.ch

<https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/newsarchiv/archiv-detail/den-kleinsten-auf-der-spur>