

Sabine Greßler, Florian Part,
André Gázsó*

„Nano-Abfall“: Produkte mit Nanomaterialien am Ende ihres Lebenszyklus

Zusammenfassung

Aufgrund ihrer speziellen chemischen und physikalischen Eigenschaften werden synthetisch hergestellte Nanomaterialien bereits in einer Vielzahl verschiedener Produkte und Anwendungen eingesetzt. Am Ende des Produktlebenszyklus können Nanomaterialien über die Abfallströme in Abfallbehandlungsanlagen und Deponien gelangen, aber es ist nur sehr wenig darüber bekannt, wie sich Nanomaterialien in der Entsorgungsphase verhalten und ob Umwelt- oder Gesundheitsrisiken bestehen. Spezielle gesetzliche Vorgaben für eine gesonderte Behandlung Nanomaterial-haltiger Abfälle bestehen nicht. Informationen über eingesetzte Nanomaterialien, deren Form und Zusammensetzung sowie über Mengen und Konzentrationen liegen kaum vor. Derzeit wird davon ausgegangen, dass stabile Nanopartikel (z. B. Metalloxide) in einer Müllverbrennungsanlage (MVA) weder chemisch noch physikalisch verändert werden und sich diese v. a. in den Rückständen (z. B. Schlacke) ansammeln, die schlussendlich deponiert werden. Das Entsorgungsproblem wird bei stabilen Nanopartikeln also auf nachfolgende Schritte in der Behandlung von Abfällen verlagert. Carbon Nanotubes (CNT) werden in MVA fast vollständig verbrannt. Filteranlagen erweisen sich nur teilweise als effizient und es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Nanopartikel in die Umwelt freigesetzt werden. Die Verbrennung von Nanomaterialien in Produkten kann auch dazu führen, dass vermehrt organische Schadstoffe als unerwünschte Nebenprodukte entstehen. Zum Verhalten von Nanomaterialien in Deponien liegen nur wenige Untersuchungen vor. Beim Recycling von Produkten mit Nanomaterialien ist eine Freisetzung ebenfalls nicht ausgeschlossen bzw. durch Zerkleinerungsprozesse wahrscheinlich.

* Korrespondenzautor

Einleitung

Aufgrund ihrer speziellen chemischen und physikalischen Eigenschaften werden synthetisch hergestellte Nanomaterialien (engineered nanomaterials, ENM) bereits in einer Vielzahl verschiedener Produkte und Anwendungen eingesetzt. Die Nanomaterial-Datenbank des „Nanowerk“¹ listet derzeit Nanomaterialien aus 28 verschiedenen Elementen sowie aus Kohlenstoff (Fullerene, CNT, Graphen), Quantum Dots (Quantenpunkte) aus mehreren Halbleitermaterialien, eine Vielzahl von einfachen nanopartikulären Verbindungen (Oxide, Carbonate, Nitride) und solche aus komplexen Verbindungen mehrerer Komponenten. Einerseits verspricht die Anwendung von Nanomaterialien Entlastungspotenziale und Nachhaltigkeitseffekte für die Umwelt, etwa durch Ressourcen- und Materialeinsparungen (siehe dazu²), andererseits sind das Verhalten von Nanomaterialien sowie Umwelt- und Gesundheitsrisiken, wenn diese am Ende der Produktlebensdauer in die verschiedenen Abfallströme gelangen, bislang noch weitgehend unbekannt. Um das Risiko in der sogenannte End-of-Life-Phase (EOL) berücksichtigen zu können, müssen vor allem die unterschiedlichen Entsorgungswege und möglichen Umwandlungsprozessen, welchen Nanomaterialien in Abfallbehandlungsanlagen unterliegen können, berücksichtigt werden. In der Ent-

sorgungsphase werden derzeit weder die speziellen Eigenschaften von Nanomaterialien noch die Frage einer eventuellen Rückgewinnung oder Rückholbarkeit berücksichtigt.³ Spezielle gesetzliche Vorgaben für eine gesonderte Behandlung Nanomaterial-haltiger Abfälle bestehen nicht (siehe dazu⁴). Eine solche Regelung würde genaue Kenntnisse über eingesetzte Nanomaterialien, deren Form und Zusammensetzung sowie über Mengen und Konzentrationen voraussetzen. Diese Informationen sind jedoch nicht verfügbar, sodass über die EOL-Phase von Produkten mit Nanomaterialien kaum Untersuchungen vorliegen. Sehr wenig ist darüber bekannt, wie sich Nanomaterial-haltige Abfälle in thermischen, biologischen und mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen sowie in Deponien verhalten.⁵

Was ist „Nano-Abfall“?

Nanomaterialien können potenziell entlang des gesamten Produktlebenszyklus durch mechanische sowie chemische Einwirkungen in die Umwelt freigesetzt werden. Nanomaterialien, die diffus in die Umwelt gelangen, werden nach Vorschlag von Bol-drin et al.⁶ als potenzielle „Nano-Kontami-

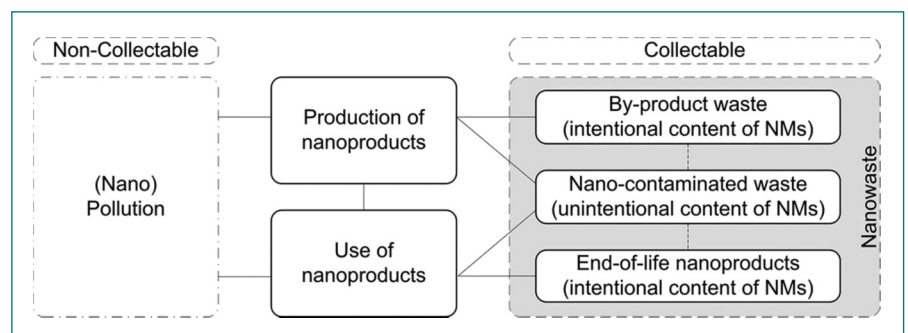
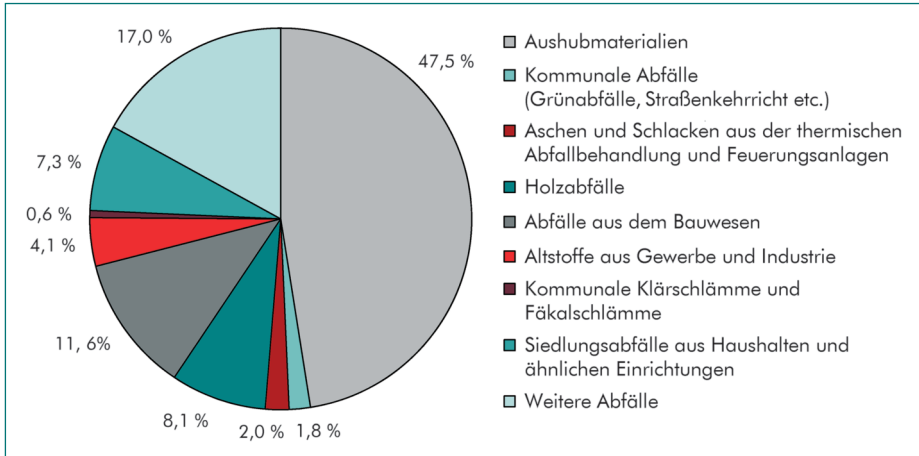


Abbildung 1: Differenzierung zwischen „Nano-Pollutant“ („Nano-Kontaminant“) und „Nanowaste“, d. h. festem Abfall, welcher Nanomaterialien enthält („Nano-Abfall“)⁷



nanten“ bezeichnet (z. B. in Oberflächengewässer freigesetzte Titandioxid-Nanopartikel aus Sonnencremen). Demnach ist von „Nano-Abfall“ erst die Rede, wenn Nanomaterialien in Kontakt mit festen Abfällen kommen und getrennt gesammelt werden können. Titandioxid-Nanopartikel werden somit erst zu Abfall, wenn diese z. B. in der Abwasserbehandlungsanlage nach der biologischen Reinigungsstufe ausgeschieden werden. Der Klärschlamm, welcher Nanomaterialien enthält und laut Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) weiterbehandelt werden muss, wird als „Nano-Abfall“ bezeichnet. Nanomaterial-haltige Abfälle aus Produktion und aus Haushalten (z. B. Produktionsausschüsse bzw. „Nano-Produkte“) werden ebenso als „Nano-Abfall“ bezeichnet (siehe Abb. 1).

Eine Unterscheidung zwischen „Nano-Abfall“ und „Nano-Kontaminant“ ist zum einen aus praktischen Gründen wichtig, da eine Quantifizierung von ENM in Abfallströmen unabdingbar ist, um gegebenenfalls Grenzwerte festlegen zu können. Zum anderen ist eine Unterscheidung auch notwendig, um den im Abfallrecht definierten Begriff für „Abfälle“ von anderen Umweltgesetzen abgrenzen zu können. So unterliegen Abfälle dem Abfallwirtschaftsgesetz erst dann, wenn eine Entledigungsabsicht vorliegt oder deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung im öffentlichen Interesse erforderlich ist.

Im europäischen und österreichischen Abfallrecht gibt es derzeit keine nano-spezifischen Regelungen⁸. Es sind weitere Untersuchungen – insbesondere hinsichtlich des Verbleibs und der Veränderung von Nanomaterialien in Abfällen – erforderlich, um Aussagen treffen zu können, ob überhaupt nano-spezifische Grenzwertfestlegungen in Zukunft erforderlich werden könnten.

Nanomaterialien in den Abfallströmen

In Österreich fallen pro Jahr mehr als 50 Millionen Tonnen an Abfällen an. Den größten Anteil daran haben Aushubmaterialien, die durch Ausheben oder Abräumen des Bodens bzw. des Untergrundes anfallen (Abb. 2). Dieses Aushubmaterial könnte über verschiedene Wege mit Nanomaterialien kontaminiert sein, z. B. durch Nanomaterial-haltige Baumaterialien. Untersuchungen dazu liegen allerdings nicht vor. Aschen und Schlacken aus der thermischen Abfallbehandlung (MVA) können ebenfalls Nanomaterialien enthalten, wie auch Abfälle aus dem Bauwesen (z. B. Bauschutt; siehe weiter unten). Prinzipiell können Nanomaterialien in allen Abfallgruppen auftreten.

„Nano-Abfall“ kann schon bei der Herstellung und Verwendung von ENM in Industrie und Gewerbe entstehen, etwa in Form von Fehlchargen, Produktionsabfällen, Filterrückständen, von mit Nanopartikeln verschmutzten Wischtüchern oder Lösungsmitteln, aber auch in Form von Rückständen aus Forschung und Entwicklung.

Betriebe, die synthetische Nanomaterialien herstellen oder verarbeiten, sollten laut einer vom Schweizer Bundesamts für Umwelt (BAFU) beauftragten Arbeitsgruppe insbesondere folgende Maßnahmen im Umgang mit „Nano-Abfällen“ ergreifen:¹⁰

- Reduktion der Abfallmengen.
- Anfallende Nanomaterial-haltige Abfälle sollten wenn möglich direkt am Entstehungsort mit geeigneten Methoden so behandelt werden, dass sie ihren Nano-Charakter verlieren (z. B. durch Auflösen von metallischen Nanomaterialien in geeigneten Säurebädern oder Sinterung bei hohen Temperaturen).

Abbildung 2:
Anteile ausgewählter Abfallgruppen im Jahr 2010 (Basis 51,72 Mio. Tonnen)⁹

- Aufbau eines Abfallmanagements, das sichergestellt, dass die entstehenden Nano-Abfälle gesondert erfasst, dokumentiert, verpackt und zur Entsorgung weitergeleitet werden, wobei diese Arbeitsschritte mit gleichbleibender Qualität erfolgen sollen.
- Emissionen von Nanomaterialien (als Staub oder Aerosol) in die Umwelt sind so gering wie möglich zu halten. Nano-Abfälle sollten soweit wie möglich nicht als pulverförmige Zubereitung, sondern als Dispersionen, Pasten, Granulate etc. erfasst und weitergegeben werden.

Da bislang noch zu wenig über das Verhalten von ENM in MVA bekannt ist, ist es nicht empfehlenswert, große Mengen an Nano-Abfällen aus Industrie und Gewerbe in MVA zu entsorgen.¹⁰ Demzufolge stellt sich dann allerdings die Frage nach möglichen Alternativen, wie etwa chemisch-physikalische Behandlungsmethoden.

Während bei einem speziellen Einsatz von ENM in industriellen Prozessen (z. B. Filter- oder Katalysatortechnologien) die ENM sortenrein erfasst werden können, führt die Nutzung in Verbraucherprodukten, wie Kosmetika, Textilien, Farben und Lacke etc., zu einer diffusen Verteilung, die eine separate Erfassung sehr erschwert.³

Behandlung von Abfällen in Österreich

Der europäischen Abfallrahmenrichtlinie¹¹, die im österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz¹² umgesetzt wurde, liegt folgende Hierarchie zugrunde:

1. Abfallvermeidung
2. Vorbereitung zur Wiederverwendung
3. Recycling
4. Sonstige Verwertung (z. B. energetische Verwertung)
5. Beseitigung.

In Österreich hat sich die gezielte stoffliche Verwertung (Recycling) von getrennt erfassten Abfallfraktionen (Papier, Metalle, Kunststoffe, Glas) aus Siedlungsabfällen bereits etabliert.¹³ Im Jahr 2009 wurden 63 % der

Abfälle zum Zweck der Aufbereitung und Verwertung gesammelt. Der Restmüll wird entweder einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (24,4 %; Basis 2009) oder einer thermischen Abfallbehandlung in Müllverbrennungsanlagen (MVA) unterzogen (70,5 %; Basis 2009).¹⁴

Deponiert werden in Österreich die Rückstände der Abfallbehandlungsanlagen (z. B. Schlacke aus MVA) und Bauschutt. Während in Österreich Abfälle vorbehandelt oder wiederverwertet werden müssen und nur mehr sehr geringe Abfallmengen deponiert werden, werden in vielen Ländern der EU Siedlungsabfälle ohne Vorbehandlung zur Gänze oder zum Großteil auf Deponien entsorgt (Abb. 3.).

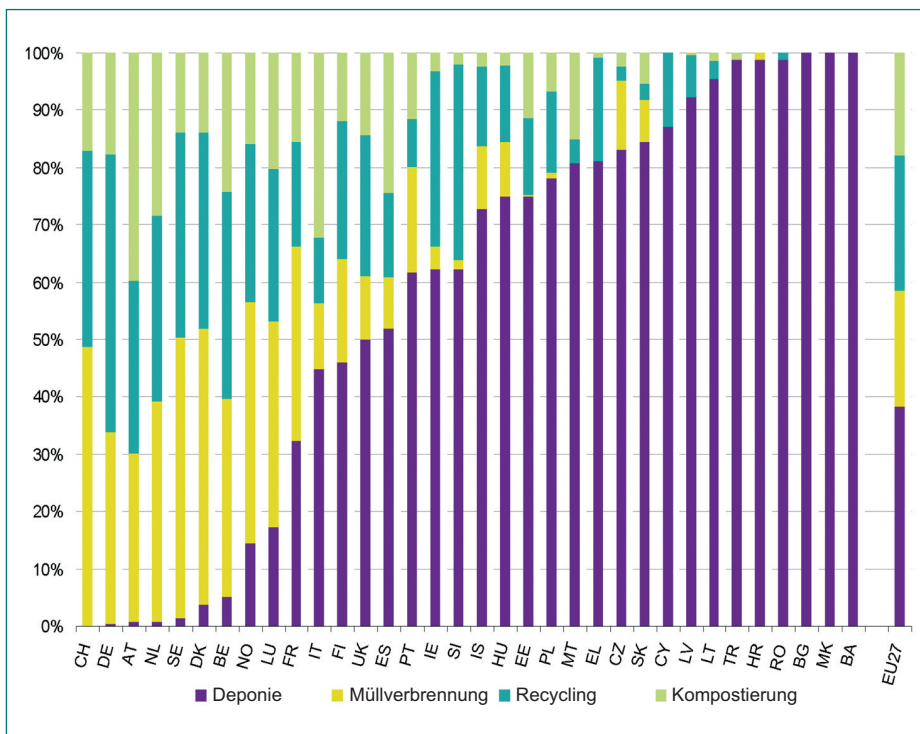
In vielen Produkten, die im **Recyclingverfahren** wieder aufbereitet werden (z. B. elektrische und elektronische Geräte, Metalle, Kunststoffe, Papier, Bekleidung etc.), können Nanomaterialien enthalten sein und es ist nicht auszuschließen, dass diese freigesetzt werden. Eine Freisetzung ist bei mindestens vier verschiedenen Vorgängen innerhalb des Recyclings vorstellbar:¹⁶

1. **Staubförmiger Abrieb**, der sich als Schwebstaub in der Luft verbreiten kann, kann insbesondere beim Transport, beim Zerkleinern und Vermahlen sowie bei Schüttvorgängen entstehen.

2. Werden die Abfälle vorher gereinigt oder bestimmte Komponenten in Bädern auf bzw. abgelöst (z. B. eine Nanobeschichtung auf PET-Flaschen) besteht die Möglichkeit, dass **Nanomaterialien in flüssige Medien** übergehen und sich schließlich im Reinigungs- und Abwasser ansammeln. Gleiches gilt für die Reinigung von Anlagen, Geräten und Böden, bei denen Stäube in Putzlappen und Reinigungswasser aufgefangen werden.
3. Beim Verbrennen von Produkten mit Nanomaterial-haltigen Substanzen ist nicht auszuschließen, dass **Nanomaterialien in Rauchgase** übergehen.
4. In leicht löslichen oder stark erhitzten Medien ist theoretisch auch eine **Verdampfung von Nanomaterialien** möglich.

ExpertInnen der „Hans Böckler Stiftung“ des Deutschen Gewerkschaftsbundes empfehlen daher in ihrem Arbeitspapier zur Bedeutung von Nanomaterialien beim Recycling von Abfällen¹⁶, Wiederaufbereitungsverfahren für potenziell Nanomaterial-haltige Konsumprodukte künftig in den Fokus der Forschung zu Risikopotenzialen von Nanomaterialien aufzunehmen. Die einzelnen Stoffströme im Recyclingkreislauf sollten hinsichtlich Art und Menge eingesetzter Nanomaterialien detailliert untersucht werden, um das Ausmaß ggf. bestehender Risiken einschätzen zu können.

Abbildung 3: Siedlungsabfälle nach Behandlungskategorien – Ländervergleich in der EU¹⁵



Verwendung von Nanomaterialien in Produkten

Verschiedene Nanomaterialien finden zunehmend Verwendung in Produkten für die Industrie, das Gewerbe und für EndverbraucherInnen. Die Online-Datenbank des amerikanischen Woodrow Wilson Centers umfasst derzeit 1.798 „Nano-Produkte“, die am internationalen Markt erhältlich sind.¹⁷ Eine Untersuchung am österreichischen Markt identifizierte zwischen Ende 2007 und April 2009 450 „Nano-Produkte“ mit den meisten Einträgen in den Kategorien „Kosmetik“ und „Textilien“, die laut freiwilliger Herstellerangaben eine Reihe von Nanomaterialien enthalten (siehe dazu¹⁸). Die tatsächlich eingesetzten Mengen von Nanomaterialien sind nicht bekannt. Es liegen nur Abschätzungen von Produktionsvolumina vor, die allerdings zum Teil erheblich voneinander abweichen (Tab. 1). Demnach sind SiO₂ und TiO₂ jene Nanomaterialien mit den höchsten Produktionsvolumina weltweit und finden wahrscheinlich auch in Produkten die größte Verwendung.

Mehrere NanoTrust Dossiers haben sich bislang mit den verschiedenen Anwendungsbereichen von Nanomaterialien beschäftigt. Im Folgenden wird deshalb nur in Kürze auf einige Produktgruppen eingegangen.

Textilien, z. B. für den Outdoor-Bereich, Socken oder Unterwäsche, können aufgrund seiner antimikrobiellen Wirkung mit Nanosilber, mit nanopartikulärem TiO₂ oder ZnO als UV-Filter oder auch mit SiO₂ für einen Schmutz und Wasser abweisenden Effekt ausgestattet sein (siehe dazu²⁰). Werden diese Textilien gewaschen, können Nanomaterialien über das Abwasser in die Kläranlagen gelangen. Untersuchungen zum Verhalten von Nanomaterialien beim Waschvorgang liegen derzeit nur für Silber vor, wobei die freigesetzten Mengen sehr unterschiedlich sein können (siehe dazu²¹). Werden Textilien chemisch gereinigt, können die anfallenden Abfälle, z. B. Flusenreste, ebenfalls Nanomaterialien enthalten. Zum Austrag von Nanopartikeln während dieses Prozesses liegen keine Untersuchungen vor.²² Gebrauchte Bekleidung wird zwar in Österreich getrennt gesammelt, mit Nanomaterialien ausgestattete Textilien werden jedoch auch zum Teil mit dem Restmüll über MVA entsorgt.

Kosmetika können etwa Carbon Black (schwarzer Farbstoff), TiO₂, ZnO, SiO₂ in der Nanoform oder in Einzelfällen auch Fullerene als Radikalfänger enthalten. Diese Nanomaterialien können über nicht völlig ent-

Tabelle 1: Übersicht zu Abschätzungen von weltweiten Produktionsvolumina verschiedener Nanomaterialien¹⁹

Nanomaterial	Produktionsvolumen (in Tonnen p.a.)	Bezugsjahr
SiO ₂	1.590.000	2009
TiO ₂	700-61.000 50.000 44.000 (nur USA) 1.450 (nur Japan)	2007/2008 2010 2008 2019
ZnO	20-10.000 480 (nur Japan)	2007/2008 2009
CeO ₂	10.000	2010
Al-Oxide	100	2003
ZrO ₂	2.500	2010
Metalle	20	2007
Silber	4-560	2005/2008
Quantum dots	< 100 kg	2001

leerte Behältnisse als Hausmüll entsorgt in einer MVA verbrannt werden oder über das Waschen oder Duschen ins Abwasser gelangen. Insbesondere der nanopartikelartige UV-Filter TiO₂, der häufig in Sonnenschutzmitteln eingesetzt wird (siehe dazu²³), kann beim Baden oder Schwimmen in Gewässer eingetragen werden. Genaue Eintragsmengen sind nicht bekannt und zu allfälligen negativen ökologischen Auswirkungen gibt es erst wenige Untersuchungen, die keine definitiven Aussagen zulassen (siehe dazu²⁴).

In **Farben und Lacken** werden Nanosilber, TiO₂, ZnO, SiO₂ oder Al₂O₃ (Aluminiumoxid) als Biozid, zum UV-Schutz bzw. zur Verbesserung der Kratz- und Abriebbeständigkeit eingesetzt (siehe dazu²⁵). Behältnisse mit Restinhalt werden über den Hausmüll, als gefährliche Abfälle („Sondermüll“) oder als Baustellenabfälle entsorgt. Weiters können Nanomaterialien auch aus Fassadenfarben ausgewaschen werden und über das Regenwasser in den Boden, in Gewässer oder über die Kanalisation in Kläranlagen gelangen.²⁶

Auch zementgebundene **Baustoffe** (z. B. Beton) können Nanomaterialien enthalten, etwa SiO₂ als Zuschlagsstoff zur Verbesserung der Festigkeit und Beständigkeit oder TiO₂ aufgrund seines photokatalytischen „Selbstreinigungseffekts“ bzw. zur Entfernung von Luftschadstoffen (siehe dazu²⁷). Spezielle Sonnenschutz-Verglasungen für Gebäude oder elektrochrome (umschaltbare) Fenstergläser zur Abdunkelung von Innenräumen mit nanoskaligen Beschichtungen aus Silber bzw. Wolframoxid stellen im Bauwesen zwar noch Nischenprodukte dar, könnten in Zukunft aber einen breiteren Einsatz finden. Beim Abbruch von Bauten könnten Nanopar-

tikel mit dem entstehenden Staub freigesetzt werden, ebenso können diese bei einer Zwischenlagerung, beim Aufbereitungsprozess oder bei der Ablagerung auf Deponien in die Luft, das Abwasser oder durch Auswaschung ins Grundwasser gelangen.²⁸ Allerdings liegen darüber noch keine Erkenntnisse vor.

Aus Kohlenstoff bestehende Nanomaterialien, wie CNTs, Fullerene oder Graphen werden laut Herstellerangaben in den Kunststoffen von **Sportgeräten**, z. B. Tennisschlägern, eingearbeitet, um die Bruch- und Zugfestigkeit zu erhöhen (siehe dazu²⁹). Über den Hausmüll entsorgt, werden solche Produkte in Österreich in MVA verbrannt. Mit großer Wahrscheinlichkeit verbrennen CNTs in solchen Anlagen vollständig, es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass ein geringer Teil über die Abgase oder feste Rückstände in die Umwelt gelangen (siehe dazu³⁰). Während in Österreich Abfälle vorbehandelt werden müssen, wird Hausmüll in anderen Ländern direkt deponiert (vgl. Abb. 3). Eine Studie aus den USA zeigte, dass CNTs – wenn diese mit anderen Abfällen während der Deponierung in Berührung kommen – teilweise gebunden werden oder unverändert stabil verbleiben.³¹ Eine Auswaschung von CNTs und anderen „Nano-Abfällen“ ist stark von den vorherrschenden Deponiebedingungen abhängig. Über das Verhalten von Fullerenen oder Graphen liegen derzeit keine Erkenntnisse vor.

Nanopartikelartige Kristalle aus Halbleitermaterialien, sogenannte Quantum Dots, finden zunehmend Anwendung in der **Elektronik**, z. B. für moderne Fernsehgeräte mit LED-Hintergrundbeleuchtung, aber auch zur Herstellung von Leuchtmitteln (LED) und für hoch-

effiziente Dünnschichtsolarzellen. LEDs gehören aufgrund ihrer möglichen Inhaltsstoffe, wie Arsen, Cadmium, Europium, Gallium, Indium, Tellur etc. in die Problemstoffsammlung und dürfen nicht über den Hausmüll entsorgt werden. Insbesondere das Halbleitermaterial Galliumarsenid ist aufgrund der Toxizität von Arsen problematisch, da sich unter Anwesenheit von Luftsauerstoff und Wasser an der Oberfläche des Materials eine hauchdünne Oxidschicht bilden kann, die stark toxisch ist und auf einer normalen Mülldeponie Umweltschäden anrichten könnte. Quantum Dots können zahlreiche Metalle der „Seltene Erden“ enthalten, welche aus ressourcenpolitischen Gründen recycelt werden sollten. Die Recyclingverfahren, z. B. für LEDs, befinden sich derzeit noch in Entwicklung und sind mit sehr hohen Kosten verbunden.³² Gemäß den EU-Richtlinien zu Elektronik und Elektronikaltgeräten müssen LEDs von den Herstellern kostenlos zurückgenommen und fachgerecht entsorgt werden.

Verhalten von Nanomaterialien in Müllverbrennungsanlagen

Derzeit ist nur wenig darüber bekannt, wie sich Nanomaterialien in MVA oder auf Deponien verhalten. Nur zu wenigen Materialien sind bislang Untersuchungen durchgeführt worden, wie etwa zu Ceroxid-Nanopartikeln, die in einer Studie in eine MVA eingebracht wurden. Es zeigte sich, dass diese weder chemisch noch physikalisch durch den Verbrennungsprozess verändert werden, aber effektiv durch die Filter der MVA zurückgehalten werden. Nanopartikel, die sich mit den Feststoffen in der Anlage verbinden, landen allerdings schlussendlich mit den Verbrennungsrückständen auf Deponien. Das Entsorgungsproblem wird bei stabilen ENM also auf nachfolgende Schritte in der Behandlung von Abfällen verlagert.³³

Untersuchungen in der Schweiz zeigten, dass nur ein sehr geringer Anteil (im Durchschnitt ca. 0,00079 Gewichtsprozent) des Filterstaubs von MVA als Nanopartikel vorliegt und diese weniger als 10 % der Gesamtpartikelanzahl ausmachen. Modellberechnungen ergaben, dass der Großteil der im Abfall (Restmüll, Holz und Klärschlamm) vorhandenen Nanopartikel (Nanosilber, TiO₂, ZnO) in Form von Rostasche³⁴ auf Deponien gelangt. CNT hingegen verbrennen nahezu vollständig (94 %)³⁵.

Das Verhalten von Nanomaterialien in MVA wird derzeit wie folgt zusammengefasst:^{36, 37}

- In der Feuerung können Nanomaterialien zerstört, in andere Nanomaterialien (z. B. Oxide, Chloride) umgewandelt werden oder diese unverändert verlassen.
- Nanomaterialien in der Größenordnung von 100 nm und größer werden in den Filteranlagen der Abgasreinigung am effizientesten entfernt.
- Nanomaterialien, die kleiner als 100 nm sind, werden nur teilweise durch Filter zurückgehalten. Es wird geschätzt, dass bis zu 20 % freigesetzt werden können.
- Nanomaterialien können während der Feuerung die Bildung oder Zerstörung von unerwünschten Nebenprodukten (z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) beschleunigen.
- Nanomaterialien können sich in den festen Abfällen (Asche, Schlacke, Filterrückstände) einer MVA wiederfinden. Eine Auswaschung von Nanomaterialien aus diesen Abfällen, z. B. bei anschließender Deponierung, sollte vermieden werden (Deponiebasisabdichtung, Sickerwasserbehandlung, Oberflächenabdichtung etc.).

Fazit

Unterschiedliche Nanomaterialien werden bereits in einer Vielzahl von Produkten eingesetzt. Ob diese ein Umwelt- oder Gesundheitsrisiko darstellen können, wenn die Produkte am Ende ihres Lebenszyklus über die Abfallströme in Abfallbehandlungsanlagen und Deponien gelangen, ist bislang weitgehend unbekannt. Vorsorglich wurden deshalb von einigen ExpertInnen und Organisationen bereits Empfehlungen formuliert, die auf die Minimierung von Nanomaterialien im Abfall abzielen. Untersuchungen zur Entsorgungsphase von „Nano-Produkten“ sollten vermehrt in den Fokus der Forschungsarbeiten gerückt werden, um allfällige Risiken abschätzen zu können.

Anmerkungen und Literaturhinweise

- 1 Nanowerk Nanomaterials Database. nanowerk.com/nanomaterial-database.php.
- 2 NanoTrust Dossier Nr. 026.
- 3 SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2011, Vorsorgestrategien für Nanomaterialien, Sondergutachten, Erich Schmidt Verlag, Seite 89. umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2011_09_SG_Vorsorgestrategien%20f%C3%BCr%20Nanomaterialien.pdf?__blob=publicationFile.
- 4 NanoTrust Dossier Nr. 019.
- 5 Wiechmann, B., Dubbert, W., 2011, Umweltaspekte von Nanoabfällen, Informationsdienst für die Abfallwirtschaft in Brandenburg und Berlin, Sonderabfallgesellschaft Brandenburg/Berlin mbH, forum IV-2011. sbb-mbh.de/fileadmin/media/publikationen/sbbforum/forum-neu/2011/sbb-forum-2011-4-1.pdf.
- 6 Boldrin, A., et al., 2014, Environmental exposure assessment framework for nanoparticles in solid waste. Journal of Nanoparticle Research 16, 1-19.
- 7 Siehe Boldrin et al. (EN 6), Seite 4.
- 8 Mudgal, S. et al., 2011, Study on coherence of waste legislation. Final Report. European Commission (DG ENV). 11 August 2011.
- 9 Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich. Statusbericht 2012. Umweltbundesamt, Wien, im Auftrag des BMLFUW, Seite 7. bmlfuw.gv.at/dms/lmat/umwelt/abfall-ressourcen/bundes-abfallwirtschaftsplan/bawp2011/Statusbericht-2012---Endbericht_komplett/Statusbericht%202012%20-%20Endbericht_komplett.pdf.
- 10 Tellenbach-Sommer, M., 2010, Entwurf Konzeptpapier, Umweltverträgliche und sichere Entsorgung von Abfällen aus Herstellung sowie industrieller und gewerblicher Verarbeitung von synthetischen Nanomaterialien, Arbeitsgruppe „Entsorgung von Nanoabfällen“, Auftraggeber: BAFU. bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12177/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,Inp6IONTU042I2Z6In1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gJCKelR5e2ym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A.
- 11 Richtlinie 2008/98/EG vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien.
- 12 Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002).
- 13 Neubauer, Ch., Walter, B., 2008, Behandlung von gemischten Siedlungs- und Gewerbeabfällen in Österreich, Betrachtungszeitraum 2003 bis 2007, Umweltbundesamt, Report REP-0225. umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REPO225.pdf.
- 14 Bundes-Abfallwirtschaftsplan (Bawp) 2011 (Teil I), Seite 45, BMLFUW. bundesabfallwirtschaftsplan.at/dms/bawp/BAWP_2011_Teil_1_13.pdf.
- 15 Blumenthal, K., 2011, Generation and treatment of municipal waste, Eurostat, Statistics in focus 31/2011, Seite 5. epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-11-031/EN/KS-SF-11-031-EN.PDF.
- 16 Struwe, J., Schindler, E., 2012, Bedeutung von Nanomaterialien beim Recycling von Abfällen, Arbeitspapier 270, Hans Böckler Stiftung. boeckler.de/pdf/p_arbp_270.pdf.
- 17 The Project on Emerging Nanotechnologies, Woodrow Wilson International Center for Scholars, Consumer Products Inventory. nanotechproject.org/cpi/products.
- 18 NanoTrust Dossier Nr. 009.
- 19 Tabelle aus: Möller, M. et al., 2013, Nanomaterialien: Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, Seite 53, TA-Swiss 60/2013: Zentrum für Technikfolgen-Abschätzung, vdf Hochschulverlag AG an der ETH-Zürich. vdf.ethz.ch/service/3559/3560_Nanomaterialien_OA.pdf.
- 20 NanoTrust Dossier Nr. 015.
- 21 NanoTrust Dossier Nr. 010.
- 22 Siehe Möller et al. (EN 19), Seite 178.
- 23 NanoTrust Dossiers Nr. 008 und Nr. 033.
- 24 NanoTrust Dossiers Nr. 027.
- 25 NanoTrust Dossier Nr. 020.
- 26 Siehe Möller et al. (EN 19), Seite 179.
- 27 NanoTrust Dossier Nr. 032.
- 28 Siehe Möller et al. (EN 19), Seite 182.
- 29 NanoTrust Dossier Nr. 022.
- 30 NanoTrust Dossier Nr. 024.
- 31 Lozano, P. et al, 2012, Single-walled carbon nanotube behavior in representative mature leachate. Waste Management 32: 1699-1711.
- 32 Steinfeldt, M. et al., 2004, Nachhaltigkeits-effekte durch Herstellung und Anwendung nanotechnologischer Produkte, Schriftenreihe des IÖW, 177/04. ioew.de/uploads/tx_ukioewdb/SR177.pdf.
- 33 Walser, T. et al., 2012, Persistence of engineered nanoparticles in a municipal solid-waste incineration plant, nature nanotechnology letters, Vol. 7, 520-524.
- 34 Rostasche ist jene Asche, die im Verbrennungsteil (dem Rost) der Feuerungsanlage anfällt.
- 35 Müller, N.C., et al., 2012, Nanomaterials in waste incineration and landfills, EMPA. empa.ch/plugin/template/empa*/124646.
- 36 Roes, L. et al., 2012, Preliminary evaluation of risks related to waste incineration of polymer nanocomposites, Science of the Total Environment 417-428, 76-86.
- 37 Vejerano, E. P. et al., 2013: Emissions of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins, and Dibenzofurans from Incineration of Nanomaterials. Environmental Science & Technology 47: 4866-4874.

IMPRESSUM:

Medieninhaber: Österreichische Akademie der Wissenschaften; Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003); Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber: Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA); Strohgasse 45/5, A-1030 Wien;
www.oeaw.ac.at/ita

Erscheinungsweise: Die NanoTrust-Dossiers erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung im Rahmen des Projekts NanoTrust. Die Berichte werden ausschließlich über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/

NanoTrust-Dossier Nr. 040, August 2014: epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier040.pdf

ISSN: 1998-7293



Dieses Dossier steht unter der Creative Commons
(Namensnennung-NichtKommerziell-KeineBearbeitung 2.0 Österreich)
Lizenz: creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/at/deed.de