

Neuartige Materialien – eine neue Herausforderung für den Umwelt- und Gesundheitsschutz?

Advanced Materials – a new challenge for environmental and health protection?

ZUSAMMENFASSUNG

Druckbare Elektronik, Leichtbauelemente für Autos oder Nanocarrier-Systeme für medizinische Zwecke sind funktionale Materialien, die als wichtige Beispiele für neuartige Materialien gelten. Neuartige Materialien entstehen durch die gezielte Kombination von chemischen Bausteinen, um sehr präzise interne und/oder externe Strukturen und dadurch besondere Eigenschaften und neuartige Funktionen zu erzielen. Sie versprechen ein großes Anwendungspotenzial in verschiedenen Bereichen, zum Beispiel bei erneuerbaren Energien, in der Medizin oder zur Ressourcenschonung. Allerdings lässt sich derzeit nur schwer abschätzen, welche neuartigen Materialien in Zukunft tatsächlich zum Einsatz kommen werden und inwieweit der bestehende rechtliche Rahmen und andere Maßnahmen geeignet sind, um die Sicherheit für Mensch und Umwelt und weitere Aspekte der Nachhaltigkeit von neuartigen Materialien entlang ihres Lebenszyklus zu gewährleisten. Der Artikel stellt Handlungsoptionen aus behördlicher Sicht vor.

ABSTRACT

Printable electronics, lightweight components for cars or nanocarrier systems for medicine are functional materials that are examples of advanced materials. Advanced materials are built up through a targeted combination of chemical building blocks to achieve very precise internal and external structures, and thus feature specific properties and new functions. Advanced materials promise great application potential in various areas such as renewable energies, health care or resource conservation. However, it is currently difficult to assess which novel materials will be actually used in the future and to what extent the existing legal framework or other measures will be suitable for addressing safety for human and environment as well as aspects of sustainability of advanced materials along their life cycle. To address these questions, options to act from an authority perspective are presented.

DORIS VÖLKER¹,
KATHRIN SCHWIRN¹,
VOLKER BACHMANN²,
ROLF PACKROFF²,
JUTTA TENTSCHEIT³,
ANDREA HAASE³

¹ Umweltbundesamt
² Bundesanstalt für
Arbeitsschutz und
Arbeitsmedizin
³ Bundesinstitut für
Risikobewertung

HERAUSFORDERUNGEN FÜR CHEMIKALIENSICHERHEIT UND NACHHALTIGKEIT ERKENNEN

Der Begriff „neuartige Materialien“ (auch „advanced materials“ oder innovative Materialien) bezieht sich auf Materialien, die

im Vergleich zu herkömmlichen Materialien verbesserte oder neue Eigenschaften aufweisen. Daher ist der Begriff zeitabhängig. Was heute als „neuartig“ betrachtet wird, könnte morgen bereits als „herkömmlich“ angesehen werden. Zudem umfasst der Begriff eine große Vielfalt von Materialien mit sehr unterschiedlichen Strukturen, Eigenschaften und Funktionalitäten. Dies erschwert das



Neuartige Konstruktionswerkstoffe und Funktionsmaterialien sind die Grundlage für innovative Technologien: Lastencopter Papillion des Designbüros Reichert in der DASA Arbeitswelt Ausstellung, Dortmund.
Foto: R. Packroff.

Verständnis darüber, welche Materialien und Werkstoffe der Begriff tatsächlich umfasst. Im folgenden Beitrag sollen als neuartige Materialien nur solche Materialien verstanden werden, die zum einen gezielt und zum anderen durch die präzise Kontrolle ihrer Zusammensetzung, was die interne und externe Struktur einschließt, hergestellt wurden. So sollen sie neue funktionelle Ansprüche der Anwendungen erfüllen können.

Neuartige Materialien versprechen neue technische Lösungen, um globale Herausforderungen wie den Klimawandel, die Energiewende, die Digitalisierung oder besseren Gesundheitsschutz zu meistern. Aufgrund der Komplexität dieser Herausforderungen, der vielen unterschiedlichen Einsatzgebiete von neuartigen Materialien und deren Vielfalt bestehen offene Fragen hinsichtlich möglicher Konsequenzen für die Sicherheit von Mensch

und Umwelt und die bestehenden Regelungen zur Chemikaliensicherheit. Neben dem möglichen Nutzen dieser Materialien müssen auch ihre potenziellen Risiken frühzeitig erkannt und geeignete Maßnahmen für einen sicheren Lebenszyklus getroffen werden.

Um die offenen Fragen, die sich durch die Verwendung von neuartigen Materialien für die Chemikaliensicherheit ergeben, genauer beschreiben zu können, startete das Umweltbundesamt (UBA) im Sommer 2019 ein Forschungsprojekt mit finanzieller Förderung durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Im Rahmen dieses Vorhabens untersuchten die Ökopol GmbH und die Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), welche Materialien sich derzeit in der Entwicklung befinden und welche möglichen Einsatzfelder sich für diese Materialien ergeben könnten. Des Weiteren

entwickelten sie einen Ansatz, um das breite und hochdynamische Feld der neuartigen Materialien in umgrenzte Materialkategorien zu unterteilen und erstellten einen Kriterienkatalog zur Bewertung der Relevanz von neuartigen Materialien im Kontext der Chemikaliensicherheit (Giese et al. 2020). Kernstück des Vorhabens war eine Serie aus internati-

onalen Themenkonferenzen, an der Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft, Behörden, Industrie und Zivilgesellschaft teilnahmen und sich über Wissenslücken und Handlungsbedarf für eine sichere und nachhaltige Anwendung von neuartigen Materialien austauschten (ABBILDUNG 1).

1. Themenkonferenz	RATIONALE DESIGN OF ADVANCED MATERIALS Rationales Design von neuartigen Materialien → Funktionalitäten und Anwendungen (Dezember 2019)
2. Themenkonferenz	IDENTIFICATION OF ACTION NEEDS ON CHEMICAL SAFETY Identifizierung des Handlungsbedarfs für die Chemikaliensicherheit → Ansätze zur Strukturierung des Feldes, Priorisierung und Bewertung (Juni 2020) → Bedenken im Kontext Chemikaliensicherheit zu neuartigen Materialien – bedenkliche neuartige Materialien (September 2020)
3. Themenkonferenz	IDENTIFICATION OF GOVERNANCE NEEDS Identifizierung des Steuerungsbedarfs → Handlungsoptionen (Juni 2021)

ABBILDUNG 1
Übersicht über die Themenkonferenzen des Umweltbundesamtes (UBA) zu neuartigen Materialien.

Als Grundlage für die abschließenden Diskussionen diente dabei der Entwurf eines gemeinsamen Papiers der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) und des UBA, das Handlungsempfehlungen zur verantwortungsvollen Lenkung für den Umgang mit neuartigen Materialien im Rahmen der Chemikaliensicherheit vorschlägt. Die Veröffentlichung des finalen Papiers ist aktuell noch in Bearbeitung, die Inhalte des Papiers werden in diesem Beitrag vorab zusammengefasst.

SICHERE UND NACHHALTIGE ANWENDUNG STEUERN

Welche neuartigen Materialien zukünftig verwendet werden und inwieweit die bestehenden Rahmenbedingungen geeignet sind, ihre Sicherheit und Nachhaltigkeit entlang des Lebenszyklus zu adressieren, ist aktuell

nur schwer abzuschätzen. Daher ist ein gemeinsames Verständnis über die angemessene Steuerung, vor allem in der Förderung von neuartigen Materialien und deren Anwendungen wesentlich, bei denen die Chemikaliensicherheit und Aspekte der Nachhaltigkeit über den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt werden.

FRÜHWARNSYSTEME ETABLIEREN

Hierfür müssen Strategien entwickelt werden, die es erlauben in einer möglichst frühen Phase der Materialentwicklung solche neuartigen Materialien zu erfassen, die eine mögliche Besorgnis hinsichtlich Sicherheit und Nachhaltigkeit erkennen lassen. Ein solches Frühwarnsystem benötigt angemessene Kriterien zur Ableitung und Bewertung einer Besorgnis. Hierzu eignen sich die bestehenden Kriterien der Europäischen Verordnung zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von chemischen Stoffen und Gemischen in Gefahrenklassen (EC 2008). Diese Kriterien

sind allerdings nicht ausreichend, um potenziell bedenkliche Materialien („materials of concern“) zu erkennen. Zusätzlich sollte die Überprüfung auch bestimmte Materialeigenschaften berücksichtigen, die derzeit nicht durch die aktuell gültigen Gefahreneigenschaften dieser Verordnung abgedeckt sind. Dies betrifft vor allem stoffübergreifende physikalische und morphologische Besonderheiten, wie zum Beispiel ein Potenzial zur Freisetzung lungengängiger biobeständiger Faserstäube, eine hohe Persistenz in der Umwelt oder eine Bioakkumulation in Umweltorganismen. Es sind auch Materialien zu berücksichtigen, die als Stoffe oder Gemische nicht unter die Europäischen Verordnung zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von chemischen Stoffen und Gemischen fallen, aber als Erzeugnisse oder im Abfallstadium gefährliche Stoffe freisetzen könnten. Zudem gilt es Kriterien zu entwickeln, die es erlauben, auch Nachhaltigkeitsaspekte, wie Kreislaufwirtschaft, CO₂-Fußabdruck oder Ressourcennutzung, zu berücksichtigen (ABBILDUNG 2).

Es sollte ein möglichst breiter interdisziplinärer Austausch über verschiedene Schutzziele und Zuständigkeiten hinweg angestrebt werden, um bedenkliche neuartige Materialien im Rahmen eines Frühwarnsystems zu identifizieren. Im Allgemeinen bestehen Frühwarnsysteme aus vier Phasen. In einer ersten Screening-Phase werden Frühwarnsignale aufgegriffen und in der zweiten Phase

bewertet und konkretisiert. In einer dritten Phase werden eine Risikoeinschätzung und Priorisierung vorgenommen. So sollen diejenigen Materialien identifiziert werden, die einer detaillierten Nachverfolgung bedürfen. Die letzte Phase endet mit einer Bewertung, ob bestehende rechtliche Rahmenbedingungen die neu identifizierten Risiken bereits ausreichend abdecken und mit der Ableitung der besten Handlungsoption. Im Rahmen eines Frühwarnsystems werden verschiedene Techniken mit dem Ziel eingesetzt, neue Entwicklungen in verschiedenen Bereichen ausreichend früh zu erkennen, um mögliche Einflüsse auf die Gesellschaft abzuschätzen. Neben dieser Radarfunktion für innovative Entwicklungen ist die zentrale Aufgabe eines Frühwarnsystems auch die initiale Bewertung der wissenschaftlichen Tragfähigkeit von Risikovermutungen. Genauer gesagt geht es im Kontext von neuartigen Materialien um neue Werkstoffe oder neue technologische Entwicklungen von Materialien und deren Nutzen und Herausforderungen unter Berücksichtigung von Human- und Umwelt Risiken sowie weiteren Aspekten der Nachhaltigkeit. Dabei sollte im Sinne des Vorsorgeprinzips von einem hohen Schutzniveau ausgehend überprüft werden, welches Maß an Besorgnis angebracht ist. Sollte sich eine anfängliche Besorgnis nicht entkräften lassen, gilt es, das einhergehende Risiko zu beschreiben und die Einleitung geeigneter Risikomanagementmaßnahmen zu adressieren.

ABBILDUNG 2

Kriterien für ein potenziell bedenkliches Material (englisch: Material of Concern) aus Sicht der Chemikaliensicherheit.

“Materials of Concern”

Ein bedenkliches Material (englisch: “Material of Concern (MoC)”) ist

- (i) ein Material, das die Kriterien für die Einstufung als "gefährlicher Stoff" oder "gefährliches Gemisch" im Sinne der in Anhang I der Verordnung (EG) 1272/2008 festgelegten Kriterien erfüllt oder
- (ii) ein Material, aus dem während seiner Herstellung oder seines gesamten Lebenszyklus gefährliche Stoffe oder Gemische gemäß (i) entstehen oder freigesetzt werden können oder
- (iii) ein Material, das die Kriterien (i) oder (ii) nicht erfüllt, aber aufgrund seiner morphologischen, physikalisch-chemischen, chemischen, toxikologischen oder ökotoxikologischen Eigenschaften bei seiner Herstellung oder in seinem Lebenszyklus eine Gefährdung für Mensch oder Umwelt darstellt.

Die Arbeiten innerhalb eines Frühwarnsystems basieren auf Literaturrecherchen, die verschiedene Quellen einbeziehen, aber auch auf einem intensiven Austausch zwischen Expertinnen und Experten aus verschiedenen Schutzbereichen. Zur Etablierung eines Frühwarnsystems für neuartige Materialien wurde daher im Jahr 2020 unter Federführung des BfR eine ressortübergreifende Arbeitsgruppe der Bundesoberbehörden eingerichtet. Die Arbeitsgruppe könnte als Beispiel dienen, um ähnliche Formate auch auf europäischer oder internationaler Ebene zu etablieren und diese untereinander zu vernetzen.

RECHTSRAHMEN MUSS SCHRITT HALTEN

Aufgrund der Vielfalt an neuartigen Materialien und deren potenziellen Anwendungen stellt sich natürlich die Frage, ob der bestehende Rechtsrahmen der Europäischen Chemikaliengesetzgebung geeignet und ausreichend ist, um die dann identifizierten Risiken adäquat abzudecken und zu managen. Das Ergebnis einer solchen Prüfung kann einen Anpassungsbedarf der rechtlichen Rahmenbedingungen oder auch der Bewertungsmethoden aufzeigen, zum Beispiel wenn Prüfrichtlinien und Bewertungsstrategien angepasst oder sogar neu entwickelt und implementiert werden müssen. Auch für neuartige Materialien gelten die bestehenden Regelungen der Chemikaliensicherheit, die sich an herstellende und Import-Firmen sowie weitere Aktive in der Lieferkette richten. Allerdings ist die Zuordnung von neuartigen Materialien zu den Rechtsbegriffen „Stoff“, „Gemisch“ und „Erzeugnis“ nicht immer einfach. Neben einer Stärkung der Beratung besteht auch ein Bedarf, die Chemikalienregelungen noch besser an die spezifischen Eigenschaften von Materialien anzupassen. Eine weitere Herausforderung ist die Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in den derzeit vorrangig auf die Chemikaliensicherheit für Mensch und Umwelt ausgerichteten Rechtsrahmen.

Regulatorische Herausforderungen, die durch neue Technologien entstehen können, sollten frühzeitig erkannt und angegangen werden. Dieses regulatorische Vorbereitesein (englisch „Regulatory Preparedness“) trägt dazu bei, dass neuartige Materialien und ihre Anwendungen möglichst schon vor dem Markteintritt einer geeigneten Sicherheitsbewertung unterzogen werden können. In Anlehnung an die Technologiereifestufen (englisch „Technology Readiness Level“ – TRL) für den Fortschritt von Forschung und Entwicklung bei technologischen Innovationen kann der Stand des regulatorischen Vorbereiteseins anhand von Regulierungsreifestufen von Prüf-, Mess- und Bewertungsmethoden (englisch „Regulatory Readiness Level“ – RRL) dargestellt werden (ABBILDUNG 3). Diese beschreiben entsprechend die Fortschritte bei der Entwicklung und Validierung von Mess-, Prüf- und Risikobewertungsmethoden für den regulatorischen Rahmen. Dazu sollten die Regulierungsreifestufen idealerweise immer auf einem vergleichbaren Niveau wie die entsprechenden Technologiereifestufen einer Innovation liegen. Positiv hervorzuheben ist, dass im neuen Forschungsrahmenprogramm „Horizont Europa“ der Europäischen Union die Förderung von Validierungs- und Standardisierungsmaßnahmen, zum Beispiel durch Ringversuche in verschiedenen Labors, gestärkt werden soll.

SICHERES UND NACHHALTIGES DESIGN FÖRDERN

Aufgrund der großen Herausforderungen im Rahmen der globalen Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (UN 2015) und des Europäischen Green Deals (Europäische Kommission 2019) kommt einer zukunftsfähigen Gestaltung von Materialinnovationen eine besondere Bedeutung zu. Potenzielle Gesundheits- und Umweltrisiken und der ökologische Fußabdruck der neuartigen Materialien und ihrer Anwendungen müssen frühestmöglich verstanden und beherrscht werden. In den vergangenen Jahren haben sich weltweit mehrere Initiativen im Rahmen

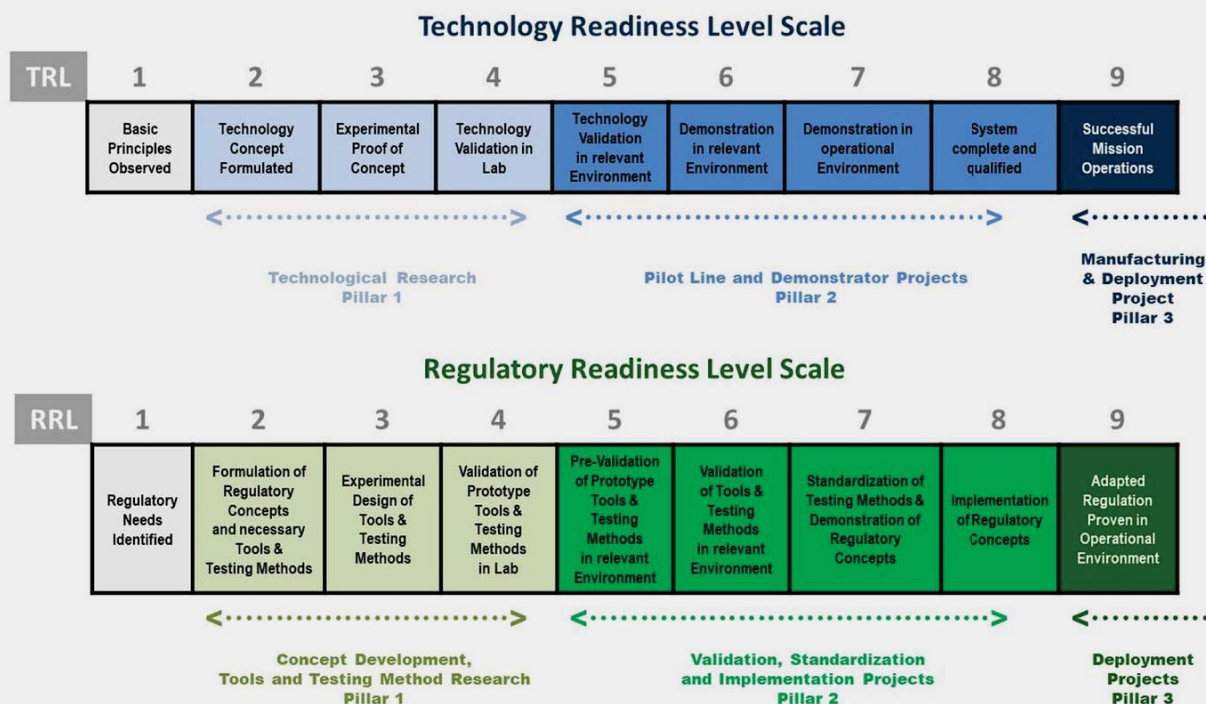


ABBILDUNG 3
 Vorschlag für eine die Technologiereifestufen (TRL) ergänzende Skala zur Regulierungsreife von Prüf-, Mess- und Bewertungsmethoden (RRL) nach Packroff und Meyer-Plath 2019 (Technology Readiness Level Scale aus: European Commission, High-Level Expert Group on Key Enabling Technologies (2011), Finaler Bericht).

der Chemikaliensicherheit von Nanomaterialien mit der Entwicklung verschiedener Modelle und Werkzeuge für ein sogenanntes Safe(r)-by-Design befasst (OECD 2020). Als Erweiterung dieses Konzeptes kann ein noch zu entwickelndes, sogenanntes Safe(r)-and-Sustainable-by-Design-Konzept angesehen werden, das zusätzlich zur Sicherheit für Mensch und Umwelt auch Überlegungen zur Nachhaltigkeit einbezieht. Dabei sollte Safe(r)-and-Sustainable-by-Design als ein Ansatz verstanden werden, der Hersteller in ihren Innovations- und Entwicklungsprozessen von Materialien und Produkten unterstützt. Für eine erfolgreiche Etablierung, Umsetzung, Akzeptanz und Anwendung von Safe(r)-and-Sustainable-by-Design für neuartige Materialien sind abgestimmte und breit akzeptierte Kriterien und Indikatoren sowohl für Safe(r)-by-Design als auch für Sustainable-by-Design wesentliche Elemente. In dem Rahmen sollten auch bestehende Konzepte wie die der nachhaltigen Chemie

oder Erkenntnisse aus der Anwendung von Lebenszyklusanalysen einbezogen werden. Neben der Verminderung von stofflichen Risiken sollte Safe(r)-and-Sustainable-by-Design auch auf die Reduzierung des Bedarfs an (kritischen) Rohstoffen, die Stärkung der Wiederverwendung und des Recyclings abzielen, aber auch den Energiebedarf, mögliche Reboundeffekte und Lastenverschiebungen berücksichtigen. Damit die Idee des Safe(r)-and-Sustainable-by-Design ein Erfolg werden kann, sind Kooperation und Vernetzung auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene notwendig. Dazu gehören Beiträge von Industrie, Wissenschaft, Zivilgesellschaft und Behörden, um ein gemeinsames Verständnis über die Bedeutung von Safe(r)-and-Sustainable-by-Design zu finden. Entsprechende Kriterien und Indikatoren gilt es zu diskutieren und zu vereinbaren sowie den Wissenstransfer zu fördern, um sichere und nachhaltige Materialinnovationen zu gewährleisten.

KOOPERATION UND KOMMUNIKATION STÄRKEN

Sichere und nachhaltige Innovation erfordert einen vertrauensvollen, aufgeschlossenen Dialog. Nur so kann ein Austausch zwischen den verschiedenen Stakeholdern erfolgen, um Einblicke und Verständnis für die unterschiedlichen Perspektiven zu gewinnen sowie unterschiedliche Bedürfnisse und Anliegen kennenzulernen. Im Kontext neuartiger Materialien kann auf die Erfahrungen aus den jüngeren Diskussionen zur Chemikaliensicherheit von Nanomaterialien aufgebaut werden. Die bereits etablierten Infrastrukturen (z. B. Arbeitsgruppen, Beiräte und Dialogplattformen) können auch auf andere neuartige Materialien ausgeweitet werden und so die notwendigen Interaktionen der Interessensgruppen unterstützen.

FORSCHUNG ZU SICHERHEIT UND NACHHALTIGKEIT AUSBAUEN

Die Forschung spielt eine vielschichtige Rolle für die Gewährleistung sachgerechter Maßnahmen, mit denen die Risiken durch neuartige Materialien beherrscht werden können. Die im Rahmen des bestehenden Chemikalienrechts generierten Daten reichen teilweise nicht aus, um möglichst frühzeitig Risiken für Mensch und Umwelt adäquat zu erkennen und zu bewerten. Vorlaufforschung kann dazu beitragen, unabhängig von regulatorischen Vorgaben bereits vor dem Markteintritt mittels Screeningmethoden Wirkungs- und Expositionsdaten zu generieren und auch vorläufige Maßnahmen auf Basis des Vorsorgeprinzips der Europäischen Union zu begründen. Sie sollte auch darauf abzielen, den Bedarf zur Weiter- und Neuentwicklung von Prüf- und Bewertungsmethoden für die Fortschreibung des Regulierungsrahmens aufzudecken. Vorlaufforschung sollte ebenso Ansätze entwickeln und prüfen, die eine sichere und nachhaltige Entwicklung von neuartigen Materialien und ihren Anwendungen unterstützen. Um eine solche Entwicklung parallel zur Materialentwicklung

zu gewährleisten, muss die Risikoforschung zu den möglichen Auswirkungen von neuartigen Materialien und deren Anwendungen über den gesamten Lebenszyklus ein integraler Bestandteil geförderter Forschungs- und Entwicklungsprojekte für Materialinnovationen werden.

Ebenso wichtig ist eine regulierungsbegleitende Forschung. Diese umfasst unter anderem eine systematische Untersuchung des Bedarfs für spezifische Regulierungsmaßnahmen oder die Validierung, Standardisierung und Harmonisierung von Prüf- und Bewertungsmethoden. Hierzu gehören auch Projekte, wie zum Beispiel Feldstudien zur Expositionsminimierung, die evaluieren, ob die implementierten Maßnahmen in der Praxis umgesetzt werden und wirksam sind.

FAZIT

Neuartige Materialien stehen im Fokus der aktuellen Innovationsforschung – mit hohen Erwartungen im Hinblick auf die großen Herausforderungen unserer Zeit. Heute ist es jedoch schwierig, allumfassend vorherzusagen, welche neuartigen Materialien morgen tatsächlich Anwendung finden werden. Es ist derzeit auch noch schwierig abzuleiten, inwieweit die bestehenden regulatorischen Rahmenbedingungen geeignet sind, die Chemikaliensicherheit dieser Materialien entlang des Lebenszyklus zu gewährleisten. Darüber hinaus könnten neuartige Materialien zusätzliche und neue Herausforderungen in Bezug auf Nachhaltigkeitsaspekte, wie beispielsweise der Kreislaufwirtschaft, mit sich bringen.

Um diese Herausforderungen zu adressieren, haben BAuA, BfR und UBA ein gemeinsames Perspektivenpapier mit Handlungsempfehlungen für sachgerechte Maßnahmen zur Risikobeherrschung von innovativen Materialien erarbeitet. In diesem Papier wird aus behördlicher Sicht der notwendige Rahmen aufgezeigt, in dem die mit neuartigen Materialien verbundenen Herausforderungen adressiert und mögliche Maßnahmen zur sicheren Ver-

wendung und zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung entwickelt und umgesetzt werden können. Dies sollte in Zusammenarbeit mit weiteren nationalen, europäischen und internationalen Akteuren aus Wissenschaft, Politik, Industrie und Zivilgesellschaft erfolgen. Dieser Rahmen umfasst die

- Identifizierung bedenklicher Materialien durch Festlegung und Anwendung von Kriterien innerhalb eines Frühwarnsystems,
- Überprüfung und wenn notwendig eine zeitnahe Anpassung des regulatorischen Rahmens an die Anforderungen von neuartigen Materialien,
- Förderung des sicheren und nachhaltigen Designs neuartiger Materialien unter Entwicklung von dafür geeigneten Kriterien und Indikatoren,
- Unterstützung des Austauschs und der Zusammenarbeit betroffener Akteure,
- Intensivierung regulierungsrelevanter Forschung und Vorlaufforschung zur Risikofrüherkennung und zur Entwicklung nachhaltiger neuartiger Materialien.

Neuartige Materialien können nur dann einen positiven Beitrag zum europäischen Green Deal und der dazugehörigen Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit der Europäischen Kommission (Europäische Kommission 2020) leisten, wenn neben den technologischen und gesellschaftlichen Vorteilen auch die potenziellen Risiken für Mensch und Umwelt erkannt und die Voraussetzungen für eine sichere und nachhaltige Verwendung gegeben sind. Auch über Europa hinaus ist die Entwicklung von sicheren und nachhaltigen Materialien und Prozessen ein Baustein für eine nachhaltige Gesellschaft. Die Sustainable Development Goals (SDGs – Agenda 2030, UN) der Vereinten Nationen geben einen übergeordneten Rahmen auch für die Entwicklung von neuartigen Materialien vor.

LITERATUR

Giese B, Drapalik M, Zajicek L et al. (2020): Advanced materials: Overview of the field and screening criteria for relevance assessment. UBA TEXTE 132. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/advanced-materials-overview-of-the-field-screening> (Zugriff am: 31.08.2021).

EC – European Community (2008): Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures. <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1272/oj> (Zugriff am: 31.08.2021).

Europäische Kommission (2020): Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment. https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy_en (Zugriff am: 31.08.2021).

Europäische Kommission (2019): The European Green Deal. COM/2019/640 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640> (Zugriff am: 31.08.2021).

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2020): Moving Towards a Safe(r) Innovation Approach (SIA) for More Sustainable Nanomaterials and Nano-enabled Products. Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials, No. 96. ENV/JM/MONO(2020)36. [https://www.oecd.org/officialdocuments/?hf=10&b=0&r=%2Bf%2Flastmodifieddate%2F2020&sl=official_documents&s=desc\(document_lastmodifieddate\)](https://www.oecd.org/officialdocuments/?hf=10&b=0&r=%2Bf%2Flastmodifieddate%2F2020&sl=official_documents&s=desc(document_lastmodifieddate)) (Zugriff am: 31.08.2021).

UN – Vereinte Nationen (2015): Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1. https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E (Zugriff am: 31.08.2021).

KONTAKT

Doris Völker
Umweltbundesamt
Fachgebiet IV 2.2. „Arzneimittel, Nanomaterialien“
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: [doris.voelker\[at\]uba.de](mailto:doris.voelker[at]uba.de)

Andrea Haase
Bundesinstitut für Risikobewertung
Abteilung 7 Chemikalien- und Produktsicherheit
Fachgruppe 76 Faser- und Nanotoxikologie
Max-Dohrn-Straße 8–10
10589 Berlin
E-Mail: [Andrea-Haase\[at\]bfr.bund.de](mailto:Andrea-Haase[at]bfr.bund.de)

Rolf Packroff
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Fachbereich 4 „Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe“
Friedrich-Henkel-Weg 1–25
44149 Dortmund
E-Mail: [packroff\[at\]baua.bund.de](mailto:packroff[at]baua.bund.de)

[UBA]