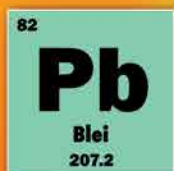


**Synthetische Nanopartikel**

# **Blackbox der Tausendsassas**



**Falsche Behauptungen auf dem Podium**  
Basel-Stadt biegt sich seine Altlasten zurecht



**Ein bisschen Boden im Mund**  
Welcher Blei-Grenzwert schützt spielende Kinder?

|  |    |
|--|----|
| Editorial  | 3  |
| Neues Präsidium für die AefU   | 4  |
| 7. Mitgliederversammlung – erstmals online                                 |    |
| Basler Klybeck: «Es gab Havarien in Benzidin-Bauten»                       | 5  |
| Martin Forter, AefU  |    |
| «Wieviel Boden verschluckt ein Kind beim Spielen?»                         | 7  |
| Interview über Bleibelastung mit Dr. Lothar Aicher, SCAHT Basel            |    |
| Wo ist Nano drin und wozu?   | 10 |
| Stephanie Fuchs, AefU  |    |
| Kaum erforschte Risiken der Nanotechnologie                                | 11 |
| Paul Scherer, SAG Schweizer Allianz Gentechfrei                            |    |
| Nanopartikel in Lebensmittel   | 15 |
| Prof. Dr. Barbara Rothen-Rutishauser und Prof. Dr. Alke Fink, AMI Fribourg |    |
| Nanomaterialien am Arbeitsplatz  | 18 |
| Dr. sc. nat. Michael Riediker, SCOEH Winterthur                            |    |
| Gelingt die Energiewende dank Nanotechnologien?                            | 20 |
| Auszug aus einer Broschüre des BUND, Berlin (D)                            |    |
| Internationale und nationale Regulierung von Nanomaterialien               | 23 |
| Dr. Georg Karlaganis, UNITAR Genf  |    |
| Bestellen: Terminkärtchen und Rezeptblätter                                | 27 |
| Die Letzte   | 28 |

17. Dezember 2020

Titelbild: © iStockphoto

## Wir gratulieren Yvonne Gilli!

Die Ärzteverbindung FMH wählte Ende Oktober unser langjähriges Mitglied Frau Dr. med. Yvonne Gilli zur neuen Präsidentin und damit erstmals eine Frau an die Spitze. Herzliche Gratulation, liebe Yvonne, zu dieser ehrenvollen Wahl!

Frau Gilli hat lange in der Arbeitsgruppe «Mobilfunk und Gesundheit» der AefU mitgearbeitet. Als Mitglied des Zentralvorstandes der FMH wirkte sie wie auch die AefU an der Erstellung des Berichtes «Mobilfunk und Strahlung» mit. Dabei betonten die beiden Organisationen erfolgreich die Dringlichkeit der konsequenten Vorsorge im NIS-Bereich und die Notwendigkeit einer NIS-Beratungsstelle. Beides fand Aufnahme im vielbeachteten Bericht. Die AefU arbeiteten in der Vergangenheit immer wieder mit der FMH zusammen und schätzten dies sehr. Gerne hoffen wir, dass dies mit Yvonne Gilli als Präsidentin künftig noch häufiger der Fall sein wird. Wir freuen uns darauf.

*Dr. med. Bernhard Aufderreggen, Präsident AefU*



# Liebe Leserin Lieber Leser

Die Welt der synthetischen industriell hergestellten Nanopartikel ist die Welt der Tausend-sassas. Die «Zwerge» verpassen Metallen und organischen Stoffen abenteuerliche Eigenschaften, die sie gänzlich von Mikro- oder Makroteilchen desselben Materials unterscheiden. Diese Welt ist kein Labor, sondern unser Alltag. Tatsächlich steckt «nano» meist ohne Deklaration in unzähligen und ungezählten Produkten (Beitrag Fuchs, S. 10).

Aber dürfen die Alleskönner auch alles? Nanopartikel, -röhrchen und -plättchen sind so klein, dass sie in unsere Zellen schlüpfen und die Blut-Hirn-Schranke passieren. Was richten sie hier an? Oder wenn sie bei Herstellung, Gebrauch oder Entsorgung in die Umwelt gelangen? Nano-Silber kann nützliche Bakterien in der biologischen Abwasseraufbereitung abtöten oder Krankheitserreger in der ständigen Auseinandersetzung damit resistent machen. Das Wissen über die Umweltrisiken der Winzlinge aber ist klein. Der Forschungsbedarf hingegen riesig, vor zehn Jahren schon und noch immer. Den Kontrollbehörden fehlen Verfahren und Nachweismöglichkeiten. Die Forschung interessiert sich lieber für die «Chancen», etwa für potente Pestizide die Nano- mit der Gentechnologie zu kombinieren (Beitrag Scherer ab S. 11). In der EU müssen Nanomaterialien in Lebensmitteln seit Ende 2014 deklariert sein. Die Schweiz übernimmt die Deklarationspflicht ab Mai 2021 (Beitrag Rothen/Fink ab S. 15). Als «nano» gilt eine Zutat aber erst, wenn ihr Nanopartikel-Anteil fünfzig Prozent beträgt. Diese enge Definition steht in der Kritik.

Beim Verarbeiten von Nanomaterialien können Arbeitnehmende den Nanopartikeln direkt

ausgesetzt sein. Am Arbeitsplatz gelten keine verbindlichen Grenzwerte. Zuverlässige Messungen sind nicht die Regel (Beitrag Riediker ab S. 18). Dabei könnte gerade die Energiewende unzählige neue Stellen schaffen, wo ArbeitnehmerInnen vermehrt mit nanoskaligem Material umgehen müssen. Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland BUND hat abgewogen, ob Nanomaterialien zur Lösung unseres Energiehunger beitragen oder neue Probleme schaffen (Beitrag BUND ab S. 20).

Umweltverbände fordern für die Nanotechnologie bisher erfolglos ein eigenes Gesetz analog zur Gentechnik. Die nationale und internationale Regulierung von Nanomaterialien ist weiterhin in viele Verordnungen und Verfahren zerstückelt. Ein Überblick gibt der Beitrag von Georg Karlaganis ab S. 23.

Wie gewohnt, berichten wir zu Beginn des Heftes über Aktuelles. Sie finden einen Rückblick auf die erste AefU-Online-Mitgliederversammlung (S. 4), ein neues Kapitel über den Chemiemüll im Basler Klybeckquartier, wo schon die Bäume über den Dreck an ihren Wurzeln klagen (ab S. 5) und – da es gerade um Schmutz geht –, das Interview mit einem Humantoxikologen über bleiverseuchte Spielplätze (ab S. 7).

Nanopartikel haben die Grösse von Viren. Hüten Sie sich vor beidem und bleiben Sie gesund! Wir freuen uns auf Sie im nächsten Jahr.

Stephanie Fuchs, leitende Redaktorin



<https://www.facebook.com/aefu.ch>



[https://twitter.com/aefu\\_ch](https://twitter.com/aefu_ch) > @aefu\_ch



# Neues Präsidium für die AefU

Der designierte AefU-Präsident Dr. med. Bernhard Aufdereggen erscheint mit Maske am Bildschirm der Online-Mitgliederversammlung (MV): «Die Walliser Staatsrätin hat gesagt, die müsse ich jetzt auch bei Videokonferenzen tragen», scherzte er. Die 7. AefU-MV fand wegen der Corona-Epidemie erstmals online statt. 38 AefU-Mitglieder klinkten sich am 22. Oktober 2020 ein, rund ein Drittel mehr als in anderen Jahren «analog».

Nach dem Tod von Peter Kälin im Juni 2019 übernahm Vizepräsident Dr. med. Alfred Weidmann die AefU-Leitung interimistisch. Herzlichen Dank Alfred, dass Du die AefU durch diese traurige Zeit gesteuert hast. Die MV folgte den Empfehlungen des AefU-Vorstands und wählte Dr. med. Bernhard Aufdereggen (VS) zum neuen Präsidenten. Er hatte das Amt schon einmal inne, bevor Peter es 2003 übernahm. Das neue Co-Vizepräsidium besetzen PD Dr. med. Bettina Wölnerhanssen (BL) und Dr. med. Cornel Wick (ZH). Neu in den Vor-



Die neue AefU-Leitung: Präsident Dr. med. Bernhard Aufdereggen (mitte), Co-Vizepräsident Dr. med. Cornel Wick (links) und Co-Vizepräsidentin PD Dr. med. Bettina Wölnerhanssen.

stand wählte die Versammlung Dr. med. Sabine Heselhaus (LU) und bestätigte die bisherigen Dr. med. Reiner Bernath (SO), Dr. med. Alexandre Dupraz (BE), Dr. Martin Forter (BS, Geschäftsleiter), Dr. med. vet. Anita Geret (BE), Dr. med. Ruth Gonseth (BL), Dr. med. vet. Ursula Ohnewein (BE), med. pract. Toni Reichmuth (SZ), Dr. med. Bernhard Rüetschi (BS, Kassier), Dr. med. Rudolf

Schwander (BE), Dr. med. Edith Steiner (SH) und Dr. med. Alfred Weidmann (ZH). Danke für das unermüdliche AefU-Engagement.

Die MV hiess auch den Jahresbericht 2019 und die äusserst positive AefU-Rechnung 2019 gut.

[www.aefu.ch/jahresbericht2019](http://www.aefu.ch/jahresbericht2019)

Stephanie Fuchs, Stv. Geschäftsleiterin



## Leserfoto

Walter Walser schickte uns im Oktober dieses Bild und schrieb: «Ganz herzlichen Dank und Gratulation zu dieser Mehrarbeit im Namen der Natur!». Walser imkert in Wald/AR. Im letzten April sollte er die Fluglöcher seiner Bienenkästen zwei Tage lang verschliessen: Das Forstamt wollte das nahe Rundholz-lager mit Insektizid gegen den Borkenkäfer bespritzen. Walser erinnerte sich an die Radiosendung «Espresso» vom 12.4.2019. Sie thematisierte die AefU-Recherche über den Einsatz hochtoxischer und zum Teil sogar verbotener Insektengifte im Wald (vgl. OEKOSKOP 1/19 und 3/19). Walser wehrte sich. Das Amt wiegelte ab – der Pestizideinsatz aber blieb aus. Im Herbst beobachtete der Imker, wie in der Nähe seiner Bienen-Holzstämmen geschält wurden (Foto). Entrindetes Rundholz interessiert keinen Borkenkäfer. So «braucht» es auch kein Gift. Wir danken Walter Walser für sein waches Auge und die Anerkennung unserer Arbeit.

© Walter Walser

# «Selbstverständlich gab es Havarien in Benzidin-Bauten»

Martin Forter, AefU

Unter den Chemiearealen im Basler Klybeck liegen höchstwahrscheinlich hochtoxische Stoffe wie Benzidin. Die Regierung aber rechtfertigt ihre Untätigkeit stets mit neuen aber falschen Behauptungen.

«In Basel-Stadt scheint man die Altlastenverordnung immer so auszulegen, wie es gerade passt». Das sagt Prof. Walter Wildi, Geologe und Altlastenexperte an der Universität Genf über ein Antwortschreiben des Basler Regierungsrats Christoph Brutschin (SP) an die Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU) und die Quartierorganisation IG Klybeckinsel vom 27. Oktober 2020.<sup>1</sup>

Zum Schriftwechsel kam es nach einer Podiumsdiskussion über die verschmutzten Chemieareale im Stadtteil Klybeck, organisiert von AefU und IG Klybeckinsel. Dabei hatte Brutschin mehrfach behauptet, es brauche eine Änderung der Altlastenverordnung, um dort systematisch nach hochgefährlichen Substanzen wie Benzidin zu suchen.<sup>2</sup> Er berief sich dabei auf das ihm unterstellte Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE). Die AefU widersprachen bereits am Podium. Brutschin blieb dabei. Im Nachgang konfrontierten die Podiumsveranstalter den Regierungsrat per Brief mit seiner zweifelhaften Aussage.

In seiner Antwort räumt Brutschin zwar ein, dass doch keine Änderung der Altlastenverordnung nötig sei, also auch nicht, um



Baumgeflüster über den Chemiemüll von BASF und Novartis. Kunstinstallation in Basel, 24.11.2020.

## AefU-Forderung

Auf den heute weitgehend brach liegenden Chemiearealen von BASF und Novartis im Basler Klybeck soll ein neuer Stadtteil entstehen. Es sind Wohnungen für 20 000 Menschen und 30 000 Arbeitsplätze vorgesehen. Die Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU) fordern: Zuerst sauber sanieren, dann bauen.

nach Benzidin zu suchen, wie es die AefU schon lange fordern. Benzidin ist hochtoxisch und verursacht Blasenkrebs. Dennoch rechtfertigt Brutschin im Brief die Untätigkeit seiner Behörde und erklärt diese erneut mit falschen Behauptungen.

### Schlecht untersucht

Das AUE geriet bereits im Mai 2019 durch ein AefU-Gutachten in die Kritik.<sup>3</sup> Es wies nach, dass bei den Altlastenabklärungen im Klybeck nie systematisch nach gefährlichen Substanzen wie Benzidin gesucht

wurde. Dies, obwohl die Chemiefirma Ciba SC (heute BASF) und der Pharmakonzern Novartis in einem historischen Bericht aus dem Jahr 2000 über die chemische Verschmutzung ihrer Klybeck-Areale u. a. Benzidin ausdrücklich erwähnten. Brutschin verteidigt im Schreiben sein Amt. Benzidin sei in diesem historischen Bericht nur

<sup>1</sup> Christoph Brutschin, Vorsteher Departement f. Wirtschaft, Soziales u. Umwelt Basel-Stadt an AefU u. IG Klybeckinsel, Basel, 27.10.2020.

<sup>2</sup> [www.aefu.ch/podium\\_klybeck\\_25\\_8\\_2020](http://www.aefu.ch/podium_klybeck_25_8_2020), Min. 11:06–11:34.

<sup>3</sup> [www.aefu.ch/gutachten-klybeck](http://www.aefu.ch/gutachten-klybeck)

© OEKOSKOP



# «Wieviel Boden verschluckt ein Kind beim Spielen?»

Interview: Martin Forter, AefU

Tausende Gärten, Spielplätze und Grünanlagen sind massiv mit Blei verseucht. Hier spielen täglich Kleinkinder. Ein Toxikologe erklärt, wie ein Blei-Grenzwert entsteht, und dass es eigentlich keiner ist.

Wenn Kleinkinder beim Spielen bleibelastete Erde in den Mund nehmen und verschlucken, gefährdet das ihre Gesundheit. Schon minimale Mengen Blei beeinträchtigen unter anderem ihre geistige Leistungsfähigkeit. Das viele Blei in den Böden stammt u. a. aus Kohleasche früherer Heizungen, aus Giessereisand und aus Schlacken, die lange als Dünger verwendet wurden. Entlang von Strassen ist Blei auch eine Hinterlassenschaft vom erst im Jahr 2000 verbotenen, bleihaltigen Benzin.

In der Schweiz saniert man kontaminierte Böden – wenn überhaupt – erst ab einer Verschmutzung von 1000 mg Blei pro Kilogramm Boden (mg/kg). Für die Gesundheit unserer Kinder ist dieser Blei-Grenzwert viel zu hoch. Das «Schweizerische Zentrum für angewandte Humantoxikologie» (SCAHT) in Basel hat deshalb schon 2017 empfohlen, diesen Wert auf 83 mg/kg zu senken.<sup>1</sup> Das Bundesamt für Umwelt BAFU hingegen will die zulässige Belastung neu bei 300 mg/kg festlegen. Eine Limite also, die fast vier Mal höher liegt, als es die ToxikologInnen vom SCAHT empfehlen.

Eigentlich müsste der Grenzwert für Blei im Boden Null betragen. Selbst 83 mg/kg beeinträchtigen die Gehirnentwicklung bei Kindern. Das sagt Dr. Lothar Aicher, Co-Autor des SCAHT-Bleiberichts im Interview mit OEKOSKOP. Die Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU) fordern vom Bundesrat, den Blei-Grenzwert umgehend weitestmöglich, mindestens aber auf 83 mg/kg zu senken. Mit der geistigen Gesundheit unserer Kinder ist nicht zu spielen.



© OEKOSKOP

Der Humantoxikologe **Dr. Lothar Aicher** studierte in Deutschland Chemie. Ab 1992 arbeitete er in der pharmazeutischen Industrie, promovierte 1997 in Biochemie und war danach in der chemischen Industrie tätig. Seit 1999 ist er bei Eurotox als Toxikologe registriert. 2001 bekleidete er verschiedene Positionen in der Agrochemiebranche. 2010 begann Aicher seine Arbeit beim SCAHT in Basel.

**OEKOSKOP:** Herr Aicher, wie beurteilen Sie die gesundheitlichen Konsequenzen von Blei bei Kleinkindern?

**Lothar Aicher:** Blei ist ein sehr toxisches Schwermetall. Es bewirkt Verhaltensauffälligkeiten, Aufmerksamkeitsstörungen und

vermindert die Denkleistung. Die Entwicklungsneurotoxizität ist die kritischste toxikologische Eigenschaft von Blei. Darum sind Kleinkinder besonders gefährdet.

*Blei macht also dumm?*

Das ist sehr plakativ. Aber ja, Blei hat Einfluss auf die Gehirnentwicklung.

*Kinder nehmen bereits mit der Nahrung zu viel Blei auf.*

Das zeigen Modellrechnungen, ja. Das müsste reduziert werden.

*Sie haben abgeschätzt, wie viel Blei Kleinkinder mit dem Boden aufnehmen, den sie beim Spielen verschlucken. Es gibt keine sichere Schwelle, unterhalb welcher Blei keine Wirkung hätte. Es gibt also auch keine unbedenkliche Aufnahmedosis.*

Ja, das stimmt. Blei hat auch in sehr niedrigen Konzentrationen neurotoxische Effekte. Darum stellt sich die Frage: Wie lässt sich trotzdem ein Grenzwert für Böden festlegen? Wobei es beim Blei kein tatsächlicher Grenzwert ist. Ein solcher müsste zwischen sicher, unbedenklich und möglicherweise gefährdend unterscheiden. Bei Blei geht das gerade nicht. Der Grenzwert, den wir vom SCAHT für Böden definiert haben, toleriert eine Verminderung des Intelligenzquotienten (IQ) um einen Punkt. So macht das auch die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde EFSA. Das ist keine Festlegung auf Basis einer wissenschaftlichen Risiko- beurteilung, sondern eine Entscheidung des Risikomanagements. Wie viel nehmen

«als Beispiel für eine von vielen im Betrieb verwendeten Substanzen aufgeführt». Es würde «nicht explizit als Risikosubstanz beschrieben, für welche zwingend weitere Untersuchungen durchgeführt werden müssten», schreibt Brutschin. Auch würden sich im ganzen Bericht «keine Hinweise auf Havarien mit Benzidin» finden.

## «Schlecht beraten»

Sigrid Rembold war Co-Autorin des historischen Berichts von 2000. Zu Brutschin's Schreiben hält sie gegenüber OEKOSKOP fest: «Offensichtlich berät das AUE Regierungsrat Brutschin schlecht. Selbstverständlich haben wir in unserem Bericht die Risikozonen ausgeschieden, damit der Boden und das Grundwasser in diesen Zonen zwingend auf jene besonders gefährlichen Substanzen untersucht werden, die wir genannt haben. Dazu gehört auch Benzidin». Und weiter: «Diese Risikosubstanzen müssen auch entlang der lecken Abwasserleitungen, unter den alten Produktionsgebäuden, den umliegenden Lager- und Umschlagplätzen von Chemikalien, unter den jahrzehntelang unversiegelten Transportwegen und Geleisen sowie bei den Deponien unter den Strassen des Klybecks gesucht werden». Sie verstehe nicht, «warum dies

<sup>4</sup> Ciba SC/Novartis: Hist. Voruntersuchung, Basel, 20.11.2000, Beilage 4, S. 1. Vgl. OEKOSKOP 1/20, S. 4.

<sup>5</sup> OEKOSKOP 3/20, S. 5.

<sup>6</sup> Vgl. OEKOSKOP 4/19, S. 6.

bis heute nicht geschehen ist». Rembold sagt zudem: «Selbstverständlich gab es im Klybeck auch in Benzidin-Bauten Havarien. Sie sind in unserem historischen Bericht explizit dokumentiert».<sup>4</sup>

Regierungsart Brutschin schreibt auch, einen für Basel gültigen Benzidin-Grenzwert – bzw. Konzentrationswert, wie es die Altlastenverordnung nennt – gäbe es nicht. Ein solcher müsse «für jeden Standort neu hergeleitet werden». Es sei deshalb «nicht möglich», den für die Lonza-Deponie Gamsenried (VS)<sup>5</sup> hergeleiteten «Wallis-Deponie-Konzentrationswert» für Basel «heranzuziehen». Und im Wallis handle es sich ja um eine Deponie, im Klybeck um ein Werkareal. Das lasse sich nicht vergleichen.

## Es existieren keine regionalen Grenzwerte

Manfred Beubler widerspricht. Er arbeitete von 1994 bis 2013 im Departement von Brutschin als Abteilungsleiter Gewässerschutz im AUE. Dort war er auch für Altlasten zuständig: «Alle Konzentrationswerte der Altlastenverordnung werden aufgrund allgemeiner toxikologischer Kriterien hergeleitet. Für die Bewertung eines kontaminierten Standortes ist ausschliesslich sein Potential an Schadstoffen und seine Emissionen in Wasser, Boden und Luft ausschlaggebend. Darum ist ein Konzentrationswert für Benzidin im Grundwasser, der in einem anderen Kanton in Absprache mit dem Bundesamt

für Umwelt BAFU für einen Ablagerungsstandort hergeleitet wurde, auch für die Bewertung eines Betriebsstandorts wie den Chemiearealen von Novartis und BASF im Klybeck anwendbar.»

## Immer wieder falsch

Geht es um Altlasten im Klybeck, versteigen sich die Basler Behörden und insbesondere das AUE wiederholt in Behauptungen, die sich leicht widerlegen lassen. So liess die Regierung etwa auch verlauten, der Chemiemüll unter den Strassen im Stadtteil Klybeck sei «gründlich untersucht».<sup>6</sup> Es gibt zwar Bohrungen von 1929 bzw. 1976. Das Problem dabei: Damals existierte für die zahlreichen Problemstoffe noch keine entsprechende Analysetechnik. Gründliche Untersuchungen waren also gar nicht möglich. Beim Spielplatz Ackermätteli fehlen selbst die Bohrungen.

«Verfügt das AUE Basel-Stadt in Sachen Altlasten tatsächlich über die nötige Kompetenz und Unabhängigkeit?», fragt Marcos Buser, Geologe und einst Berater der jurassischen Regierung in Sachen Chemiemülldeponie Bonfol. Zweifel sind angebracht.

**Dr. Martin Forter** ist Altlastenexperte, Buchautor und seit 2011 Geschäftsleiter der AefU. [info@aefu.ch](mailto:info@aefu.ch)  
[info@aefu.ch](mailto:info@aefu.ch), [www.aefu.ch](http://www.aefu.ch)

## Wirkungsvolle Weihnachten!

Beschenken Sie ArztkollegInnen oder «nicht-medizinische FreundInnen, denen eine gesunde Umwelt am Herzen liegt? Da passt die Mitglied- oder Gönnerschaft der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU) à CHF 165 perfekt (CHF 40 für Studierende). Das Geschenk glänzt über die Festtage hinaus und wirkt das ganze Jahr.

Die Beschenkten erhalten direkt – oder über Sie – eine schöne Karte in Ihrem Namen. Die Mitglied- oder Gönnerschaft umfasst ein Jahres-Abo der AefU-Fachzeitschrift OEKOSKOP und bietet weitere Mitgliedervorteile, z. B. an der AefU-Jahrestagung. [www.aefu.ch/schenken](http://www.aefu.ch/schenken)  
Schöne Weihnachten!



<sup>1</sup> Lothar Aicher/Nicolas Roth, SCAHT: Risikobeurteilung von Bodenschadstoffen in Haus und Familiengärten gemäss Anhang 3, Ziffer 2 AltIV für die menschliche Gesundheit, im Auftrag des BAFU, Basel, 24.1.2017.



wir in Kauf? Sinkt der Intelligenzquotient bleibend um einen Punkt, ist dies für die einzelne Person wenig relevant.<sup>2</sup> Ganz anders aus gesellschaftlicher Sicht. Es gibt Berechnungen über die Folgekosten, wenn die Bevölkerung eine geringere intellektuelle Leistung erbringt, entsprechend weniger gut ausgebildet ist, darum weniger verdient und einen kleineren Beitrag an das Bruttosozialprodukt leistet, etc.

*Aus toxikologischer Sicht müsste der Grenzwert für Blei im Boden also Null betragen?*

Ja. Aber wir können ihn nicht auf null reduzieren. Blei kommt in unserer Umwelt vor. Wir bewegen uns hier im Spannungsfeld zwischen Gesundheitsschutz und dem, was realisierbar ist. Das ist ein Zielkonflikt. Diesen Spagat müssen Behörden und Politiker auflösen. Die Frage der gesellschaftlichen Akzeptanz solcher Werte ist im Prinzip aber schon beantwortet, da wir in einem hochindustrialisierten Land leben und wir von Blei und anderen Chemikalien umgeben sind. Bei vielen Chemikalien gehen wir Toxikologen hingegen davon aus, dass es eine Wirkungsschwelle gibt. Solange wir mit dem Grenzwert darunter sind, ist ein Gesundheitsrisiko unwahrscheinlich.

*Das gilt eben nicht für Blei.*

Ja, nach heutigem Stand des Wissens gibt es keine Dosis, die völlig unbedenklich ist.

*Das SCAHT empfiehlt auf Kinderspielplätzen und in Gärten einen Blei-Grenzwert von 83 Milligramm pro Kilogramm Boden und nehmen dabei eine leichte Absenkung des IQ bei Kindern in Kauf. Wie sind Sie ausserdem bei der Herleitung des Grenzwerts vorgegangen?*

Wir gehen von Annahmen aus. Eine Frage lautete: Wie viel Boden verschluckt ein Kind beim Spielen? Literaturrecherchen zeigten eine Streuung von 50 bis 1000 Milligramm. Wir wissen es also nicht genau. In unserer Studie rechnen wir mit 250 Milligramm Erde, die ein Kind pro Tag schluckt. Das ist ein eher konservativer Wert. Andere gehen von weniger aus.

*Die Kinder nehmen wir erwähnt schon über die Nahrung zu viel Blei auf. Wird die Aufnahmemenge angesichts dessen nicht zur Detailfrage? Müsste die Konsequenz nicht sein, dass Kinder via Boden kein zusätzliches Blei aufnehmen?*

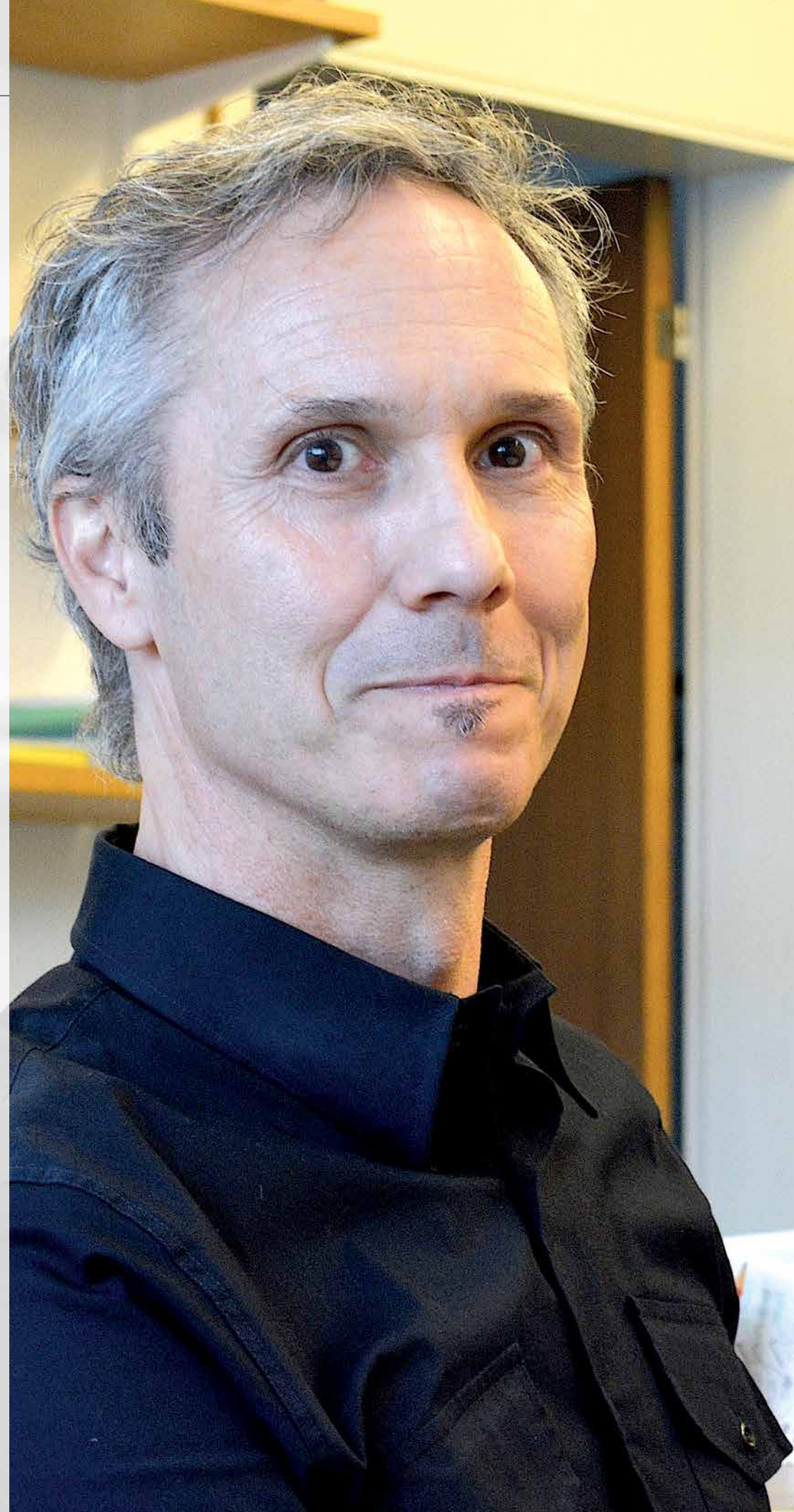
Unsere Aufgabe war festzulegen, wie hoch der Bleigehalt im Boden sein darf, unabhängig davon, dass die Kinder schon über die Nahrung zu viel Blei aufnehmen. Wir haben da wieder diesen Zielkonflikt. Man muss aber irgendwo einen Konsens finden. Wir haben ihn bei einer Minderung des IQ um einen Punkt festgelegt.

*Es gibt Kinder, die mehr Boden essen und darum mehr als einen IQ-Punkt verlieren werden.*

Es gibt Kinder, die alles in den Mund nehmen und Essen.<sup>3</sup> Solche Extremfälle können wir nicht abdecken. Ansonsten enden wir bei fast allem bei einer Nulltoleranz. Wir plädieren darum für ein «realistisches Worst-Case-Szenario», aus unserer Sicht also der Aufnahme von 250 mg kontaminierter Erde. Sie haben es vorhin quasi als Detailfrage bezeichnet, wieviel Erde ein Kind verschluckt. Es ist aber relevant um zu erklären, warum das Bundesamt für Umwelt BAFU entgegen unseres Vorschlags von 83 mg/kg einen Blei-Grenzwert von 300 mg/kg einführen will. Nimmt man bei der Herleitung an, ein Kind verschluckt nicht 250 mg kontaminierten Boden, sondern 80 oder 50 mg, ergibt das mehr oder weniger die Differenz zwischen unserem und dem Wert des BAFU.

<sup>2</sup> Der IQ eines Menschen liegt üblicherweise zwischen 85 und 115 Punkten.

<sup>3</sup> Sogenannte PICA-Kinder. Daran erkranken vor allem Kleinkinder mit verminderter Intelligenz (netdoctor.ch: Pica-Syndrom).



© OEKOSKOP

*In Schweden beträgt der Blei-Grenzwert für Böden 80 mg/kg, in Italien 100 mg/kg. Grenzwerte, wie sie das SCAHT empfiehlt, gibt es also bereits.*

Wir wissen nicht, ob sich diese Grenzwerte 1 zu 1 vergleichen lassen. Wir wissen nur, welche Annahmen wir für die Schweiz getroffen haben...

*... Toxikologische Modelle sind keine Schweizer Eigenheit, sie werden alle mit den ungefähr gleichen Methoden hergeleitet.*

Das stimmt. Wir kommen ja auch ungefähr zu demselben Ergebnis. Ob der Grenzwert 80, 100 oder 300 mg/kg Blei beträgt: Die zahlenmässige Differenz scheint zwar gross, es ist aber trotzdem ungefähr dasselbe. Wir wissen, Blei ist hochgiftig. Da gibt's keine Diskussion. Die grosse Unsicherheit besteht bei der Aufnahmemenge.

*Mit Blick auf das gesetzlich festgelegte Vorsorgeprinzip erscheint uns der Grenzwert des BAFU von 300 mg Blei/kg zu hoch.*

Es bringt uns nicht weiter, an den Zahlen zu kleben. Wir müssen verstehen, wie die Grenzwerte hergeleitet werden und welche Annahmen wir machen, welche Unsicherheiten damit verbunden sind und wie wir mit diesen umgehen.

*Aktuell beträgt der Grenzwert für Blei noch 1000 mg/kg. Diese Schwelle wird bei Sanierungen sehr rigide ausgelegt. Freiwillig geht fast niemand darunter. Darum spielt es doch eine Rolle, ob der neue Grenzwert bei 83 oder 300 mg/kg liegt. Auch dieser dürfte wiederum sehr wörtlich genommen werden.*

Da sind wir wieder bei der Trennlinie zwischen Risikobeurteilung und Risikomanagement. Die Verursacher bzw. die Kantone als Kontrollorgane müssen einen Grenzwert auf jeden Fall sehr wörtlich nehmen. Das

ist eine rechtliche und keine toxikologische Frage. Wir hier am SCAHT beschäftigen uns mit Risikobeurteilung. Wir haben beschrieben, mit welchen Annahmen wir zu diesem Resultat gekommen und was die Unsicherheiten sind. Dadurch ist unsere Arbeit nachvollziehbar und transparent. Jetzt liegt es an den Behörden bzw. der Politik je nach Risiko, das sie eingehen wollen, zu entscheiden. Positiv ist schon einmal, dass der Grenzwert für Blei im Boden von 1000 auf 300 mg/kg sinken soll. Das ist ein Schritt aus



© miniamer/stockphoto

einem relativ hohen in einen mittleren Bereich. Dass die Grenzwerte gesenkt werden zeigt, dass man auf den neuesten Stand des Wissens eingeht.

*Werden Grenzwerte nicht grundsätzlich zu hoch festgelegt? In der Regel müssen sie nach zehn Jahren erneut abgesenkt werden.*

Man legt den Grenzwert zu einem Zeitpunkt fest, zu welchem bestimmte toxikologische Informationen vorliegen. Würde man das nicht so machen, wäre man praktisch handlungsunfähig. Ein Grundsatz in der Toxikologie lautet: Der Körper hat einen gewissen Verteidigungsmechanismus gegen Chemikalien und er entgiftet sich über den Stoffwechsel. Ohne diesen Grundsatz könnte man keine Grenzwerte über Null festlegen. ■



# Wo ist Nano drin und wozu?

Wer Material mit Nanopartikeln herstellt, muss es innert dreier Monate nach Inverkehrbringen anmelden (vgl. Beitrag Karlaganis ab S. 23). Die Winzlinge haben sich dann schon im Alltag breit gemacht. Nanopartikel (Kügelchen, Röhren/Stäbchen oder Plättchen) sind in mindestens einer ihrer drei Dimensionen maximal 100 Milliardstelme-

ter ( $10^{-9}\text{m}$ ) klein. Das entspricht in etwa der Grösse von Viren oder Stoffwechselprodukten im Körper. Nanopartikel passieren z. B. die Blut-Hirn- oder die Plazenta-Schranke. Sie bestehen hauptsächlich aus Metallen wie Silber, Eisen, Zink, Titan, Kupfer und deren Oxide. Es gibt auch organische aus Glukose-, Protein- oder Fetteinheiten. Je kleiner Par-

tikel sind, umso grösser ist ihre Oberfläche im Verhältnis zum Volumen. Das macht sie reaktionsfreudiger, biologisch aktiver, löslicher, es verändern sich ihre Binde- und Leitfähigkeit, ihre Transparenz sowie ihr Transportverhalten. Öl in Nanogrösse etwa mischt sich mit Wasser. Ungiftige Stoffe können plötzlich toxisch sein. Die Nachstehende Tabelle ist nicht abschliessend.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Medikamente</b>            | Nano-Kapseln können Medikamente zielgenau an den Wirkort transportieren. Sie geben den Wirkstoff erst unter bestimmten Bedingungen frei. Die Fähigkeit der Nanos, die Blut-Hirn-Schranke zu überwinden, will man für die Therapie von Parkinson oder Alzheimer nützen. Nanopartikel können so hergestellt werden, dass sie z.B. an Tumorgewebe haften bleiben und damit der Diagnostik und Lokalisierung dienen.   |
| <b>Lebensmittel</b>           | Nano-Siliziumdioxid dient als Rieselhilfe/Anti-Klumpmittel für Streuwürze und Tütensuppen. Süssigkeiten mit Nanopartikeln sind farbintensiver oder weissglitzernd. Nano-Siliziumdioxid hält Milch- und Bierschaum stabil. Eine Nanobeschichtung hindert Schokolade zu schmelzen oder grau anzulaufen, Müsli bleiben knusprig. Weissmacher Nano-Titandioxid steckt in Mozzarella, Marshmallows, Kuchenglasuren und Kaugummis. Nano-Kapseln z.B. in Wellness- und Fitnessgetränken transportieren Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe gezielt in die Zellen für bessere Verwertbarkeit. |
| <b>Lebensmittelverpackung</b> | In Verpackungen sind Nanopartikel weit verbreitet. Sie sollen vor Bakterien (z.B. mit Nano-Silberpartikeln), Feuchtigkeit, Sauerstoff, Licht und Kohlendioxid schützen. Nano findet sich vor allem in Verpackungsfolien, Frischhalteboxen und PET-Flaschen.  |
| <b>Kosmetika</b>              | Weisse Titandioxid-Partikel in Sonnencremen schützen vor UV-Licht und machen sie besser streichbar. Nano-Siliziumdioxid dient als Füllstoff für Zahnpasta und Haar-Stylingprodukte. Nano-Aluminiumpartikel in Make-Up und -Kohlenstoff-Partikel (Fullerene) in Anti-Aging-Cremen verdecken Falte.  |
| <b>Textilien</b>              | Nanopartikel machen Textilien Wasser- und schmutzabweisend, fettabstossend, wirken auf Socken und Putzlappen antibakteriell und sie stinken nicht. Nano-Silberpartikel kommen auch für keimfreies Waschen bei tiefen Temperaturen zum Einsatz.   |
| <b>Haushaltartikel</b>        | Frischeboxen wirken mit Silber-Nanokomponenten antibakteriell, Nanopartikel machen Schneidebretter und Backbleche schnittfest sowie Bratpfannen fast kratzfest. Kühlschränke enthalten bakterizide Beschichtungen, Backöfen mit Nanopartikel können Fettablagerungen abbauen. Bügeleisen mit nanohaltiger Sohle gleiten optimal.   |
| <b>Bauwesen</b>               | Beton mit Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT) wird ultrastabil, dauerhaft und korrosionsbeständig. Aus nanobeschichteten Verschalungen löst sich Beton ohne ölen leicht heraus. Nanopartikel auf Verglasungen, Verputz und Fassadenfarben verhindern, dass sich Schmutz festsetzen kann (Lotus-Effekt). Die Nano-Winzlinge machen zudem Oberflächen extrem wasserabweisend und reduzieren Frostschäden bei Strassenbelägen. Der Weissmacher Nano-Titandioxid steckt in vielen Farben, Lacken, Kunststoffen, Gummi und Papier.   |
| <b>Autoindustrie</b>          | Nano macht Karosserien kratzfest, reduzieren den Reibungswiderstand von Bauteilen und lässt sie weniger schnell verschleissen. Pneus mit Nanopartikel zeigen weniger schnellen Abrieb.   |
| <b>Landwirtschaft</b>         | Pestizide und Dünger gelangen in Nano-Kapseln verpackt bis in die Pflanzenzellen. Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT) sollen die chemisch-physischen Bodeneigenschaften verbessern, z.B. die Wasserhaltekapazität   |

<sup>1</sup> Quellen u.a.: [https://www.bund.net/fileadmin/user\\_upload\\_bund/publikationen/chemie/nanotechnologie\\_alltag\\_broschuere.pdf](https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/chemie/nanotechnologie_alltag_broschuere.pdf); <https://www.quarks.de/gesundheit/ernaehrung/darum-gehoert-titandioxid-nicht-in-lebensmittel/>; <http://www.nano-technologien.com/>  
<sup>2</sup> Vgl. Beitrag Rothen in diesem Heft, S. 15. Ein unvollständiges Verzeichnis von Nano-Lebensmittel findet sich unter [www.nanowatch.de](http://www.nanowatch.de).  
<sup>3</sup> <https://www.bgbau.de/themen/sicherheit-und-gesundheit/gefahrstoffe/gefahrstoffe-beim-bauen-renovieren-und-reinigen/nanomaterialien/>  
<sup>4</sup> Vgl. Beitrag Scherer in diesem Heft, S. 11.

Stephanie Fuchs ist leitende Redaktorin von OEKOSKOP.  
[oeoskop@aefu.ch](mailto:oeoskop@aefu.ch)  
[www.aefu.ch/oeoskop](http://www.aefu.ch/oeoskop)

# Kaum erforschte Risiken der Nanotechnologie

Paul Scherer,  
SAG Schweizer Allianz Gentechfrei

Trotz jahrelanger Forschungsprogramme sind die Risiken synthetischer Nanomaterialien noch kaum erhoben. Wissenschaft und Industrie werden aber nicht müde, das Potenzial der neuen Technologie zu preisen.

Die Forschung arbeitet in den verschiedensten Bereichen zur Anwendung von Nanomaterialien. Den Überblick zu bewahren, wird dabei immer schwieriger. Wie vielfältig das Thema ist, zeigt ein Blick auf die Webseite [nanopartikel.info](http://nanopartikel.info), die vom Deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung und von den Schweizer Bundesämtern für Gesundheit BAG und Umwelt BAFU unterstützt wird. Oder auf [nanowatch.de](http://nanowatch.de), der deutschen Umweltorganisation BUND. Die Forderung der Motion Graf<sup>1</sup> nach einem Register der in der Schweiz produzierten und importierten Nanomaterialien hatte der Bundesrat und schliesslich auch das Parlament 2012 abgelehnt, da dieses sehr teuer wäre und die vielfältigen Anwendungen und spezifischen Risiken nicht berücksichtigen würde.

**Nano-Risiken – Stiefkinder der Forschung**  
Die Universität Basel bietet bereits seit 2002 einen Bachelor Studiengang Nanowissenschaften und Nanotechnologie an. Die Schwerpunkte sind Nanophysik, Nanochemie und Nanobiologie. Diese interdisziplinäre Grundlagenforschung ermögliche eine enge Verknüpfung an angewandter und wirtschaftlich verwertbarer Forschung, heisst es im Studienbeschrieb.<sup>2</sup> Was zählt oder antreibt, ist die Verwertbarkeit. Daher werden die Chancen betont, die Risiken heruntergespielt und in der Forschung eher



Nano-Titandioxid steckt als Weissmacher auch in Zahnpasta. Wollen wir das? © Phuong Tran/unsplash

stiefmütterlich behandelt. Risikoforschung ist weniger lukrativ. Es besteht ein beachtlicher Forschungsbedarf, wie Nanopartikel von Mensch, Tier und Pflanze aufgenommen, verteilt, verändert, angereichert oder ausgeschieden werden. Kenntnisse zur Ökotoxizität und zum Umweltverhalten von Nanopartikeln sind nur vereinzelt vorhanden. Etwas Klarheit erhoffte sich der Bundesrat vom nationalen Forschungsprogramm «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» (NFP 64), das 2017 abgeschlossen wurde. Das Programm hatte sich zum Ziel gesetzt, die Lücken im gegenwärtigen Wis-

sen über Nanomaterialien zu schliessen, welche die Herstellung, den Einsatz und die Entsorgung von künstlichen Nanomaterialien betreffen. Nachhaltige Innovation und Sicherheitsforschung müssten Hand in Hand gehen, bilanziert das NFP 64. Insgesamt kommt das Programm zum Schluss, bei den untersuchten Nanomaterialien würden die Chancen gegenüber den Risiken überwiegen. Doch die Ergebnisse hätten auch deutlich gemacht, wo mehr Grundlagenforschung und/oder eine detailliertere Risikobeurteilung notwendig sei, bevor die Forschenden beginnen könnten,

<sup>1</sup> Motion Maya Graf 11.4201, <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20114201>  
<sup>2</sup> <https://www.unibas.ch/de/Studium/Studienangebot/Studiengaenge-faecher.html?study=Nanowissenschaften-BSc>



das Anwendungspotenzial einzelner Nanomaterialien auszuschöpfen.

**Lücken bei Regulation und Wissen**  
Auch der 12 Jahre dauernde Schweizer «Aktionsplan synthetische Nanomaterialien»<sup>3</sup> des Bundes räumt ein, dass noch regulatorische Lücken bestehen. Wo genau diese liegen, ist aus dem Abschlussbericht schwer heraus zu destillieren. Ebenso fehlt ein kon-

<sup>3</sup> <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/strategie-und-politik/politische-auftraege-und-aktionsplaene/aktionsplan-synthetische-nanomaterialien.html>  
<sup>4</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Rapport%20R-nano%202019.pdf>  
<sup>5</sup> <https://www.media.uzh.ch/de/medienmitteilungen/2017/Titandioxid-Nanopartikel-Darmentzuendungen.html>  
<sup>6</sup> Interpellation Martina Munz, 19.3457, <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20193457>  
<sup>7</sup> <https://www.nature.com/articles/s41565-020-0706-5>  
<sup>8</sup> Vgl. dazu SAG-Magazin 109/2020: [https://www.gentechfrei.ch/images/Gentechfrei\\_109\\_Web.pdf](https://www.gentechfrei.ch/images/Gentechfrei_109_Web.pdf)  
<sup>9</sup> <https://www.nature.com/articles/s43016-020-0110-1>

## Nano und Gentech – ein riskantes Paar

Vermehrt werden inzwischen Nanotechnologie und Biotechnologie kombiniert. Fortgeschritten sind Nanotech-Experimente mit sogenannten RNA-Sprays in der Schädlingsbekämpfung. Diese basieren auf doppelsträngiger Ribonukleinsäure (dsRNA), welche von Schädlingen beim Fressen und Saugen aufgenommen wird und so lebenswichtige Gene ausschaltet. Da diese Präparate sehr schnell ihre Wirkung verlieren, wenn sie einmal ausgesprüht sind, arbeitet die Forschung daran, die dsRNA in sogenannte Nanocarrier einzupacken, um damit ihre Haltbarkeit zu verlängern. Werden nicht-abbaubare Nanocarrier verwendet, können diese in der Umwelt akkumulieren. Die neuartigen Pestizide sind auch ohne Kombination mit Nanotechnologie umstritten, da kaum erforscht ist, ob sie schädliche Auswirkungen auf Nicht-Zielarten und Menschen haben können.<sup>8</sup> Erste Zulassungsanträge für dsRNA-Sprays wurden

kreter Zeitplan, wann diese Lücken geschlossen werden. Die Forderung der Schweizer Allianz Gentechfrei (SAG) nach einem eigenständigen Nanotechnologiegesezt hatte der Bundesrat wiederholt zurückgewiesen. Bei Chemikalien setzen die Behörden nach wie vor auf die Selbstkontrolle und auf die Eigenverantwortung der Hersteller. Bei Lebensmitteln, Arzneimitteln, Biozidprodukten und Pflanzenschutzmitteln gebe es bereits bestehende Beurteilungs-, Zulassungs- und Registrierungsverfahren (vgl. Beitrag Karlaganis, S. 23). Diese seien auch auf die Nanomaterialien anwendbar und würden den Gesundheitsschutz der KonsumentInnen gewährleisten.

**Gesetzlicher Flickenteppich**  
Die Schweiz, wie auch die EU, verfolgt also den Ansatz, dass das heutige Recht im Lebensmittel-, Chemikalien-, Umwelt- und Heilmittelbereich auch für synthetische Na-

in den USA aber schon eingereicht – etwa für einen Spray gegen den Kartoffelkäfer. Noch im Laborstadium steckt eine andere Anwendung. Gen-Scheren wie Crispr/Cas müssen, damit sie auf das Erbgut einwirken können, erst in die Zelle eines Organismus geschleust werden. Dies passiert bisher, wie bei der alten Gentechnik, durch Beschuss mit Metall-Partikeln (Gen-Kanonen) oder durch Bakterien als Genfähren. Neu soll dies mit Hilfe von Nanocarriern geschehen, also kleinen Nano-Kapseln, die das neue genetische Material in die Pflanze einschleusen. Aus Sicht von Forschenden könnte dies die Zulassung neuer gentechnischer Verfahren erleichtern, da so kein fremdes Bakterien-Erbgut mehr in die Pflanze eingebracht würde.<sup>9</sup> Welche neuen Risiken einer solchen kombinierten Anwendung hinzukommen könnten, ist aber vollständig unerforscht.



Die Agrochemie will dem Kartoffelkäfer künftig mit kombinierter Gen- und Nanotechnologie zu Leibe rücken.  
© iStockphoto

nomaterialien gilt. Wo nötig, sollen dafür rechtliche Anpassungen auf Verordnungsebene und zusätzliche regulatorische Instrumente erarbeitet werden. So wurde und wird ein unübersichtliches Flickwerk gebaut. Es ist stossend, dass die Behörden nie bereit waren, ein eigenständiges Nanotechnologiegesezt analog dem Gentechnikgesetz ernsthaft zu prüfen.

Die Vielzahl der Nanomaterialien und ihrer Anwendungen stellt den Gesetzgeber vor eine schwierige Aufgabe. Wie sollen diese in den bestehenden Gesetzen geregelt werden? Im Prinzip ist jedes Nanomaterial einzeln zu beurteilen. Das französische Umweltministerium zählte gemäss seines Berichts von 2019 bei der jährlichen Erhebung 286 Kategorien von Stoffen im Nanopartikelzustand. Allein in Frankreich wurden 400 000 Tonnen Nanomaterialien in Verkehr gebracht.<sup>4</sup>

All diese Nanomaterialien gelangen letztlich in irgendeiner Form an irgendeinem Ort in die Umwelt. Für Nanomaterialien kommt eine Reihe von Quellen in Betracht. Sie werden freigesetzt beispielsweise bei ihrer Synthese und Verarbeitung für Produktanwendungen in der Landwirtschaft, beim Waschen von Textilien, beim Einsatz von Sonnencremen und Kosmetika, beim Fotokopieren, in der Autoindustrie, im Bauwesen, bei Prozessen in Kehrlichtverbrennungs- und Abwasserkläranlagen, bei Störfällen oder Umweltsanierungen mit Nanomaterialien.

### Ungemütliche Erkenntnisse

Ein Forschungsprojekt der Universität Zürich von 2017 zeigt, dass Titandioxid-Nanopartikel Darmentzündungen verstärken können, da die Darmzellen die Partikel aufnehmen.<sup>5</sup> Die Forschenden empfehlen Patienten mit Darmentzündungen, auf Nahrungsmittel zu verzichten, die Titandioxid enthalten.

Als Lebensmittelzusatzstoff E171 ist Titandioxid beispielsweise Bestandteil von Zuckerguss, Kaugummis oder Marshmal-

lows. Bislang ist Titandioxid ohne Einschränkung zugelassen. Ab 2021 ist lediglich eine Deklarationspflicht geplant.

Frankreich wollte weitergehen und den Verkauf von Lebensmitteln mit dem Zusatzstoff E171 verbieten. Das scheiterte jedoch am Widerstand der EU gegen dieses Verbot. Die Schweiz wiederum richtet sich nach den Vorgaben der EU, wie sie auf eine entsprechende Anfrage von SAG-Präsidentin und Nationalrätin Martina Munz ausführt.<sup>6</sup>

### Nanotechnologie in der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft verwendet Nanomaterialien in Pestiziden und Kunstdünger. Damit drohen grosse Stoffmengen direkt in die Natur zu gelangen. Witterungseinflüsse wie Wind und Regen können zu einer unerwünschten und unkontrollierten Verbreitung von synthetischen Nanomaterialien führen und damit zu einer Exposition von Menschen weit entfernt vom Anwendungsort. Auch Tiere und Pflanzen können diese Nanopartikel über das Wasser, den Boden oder die Luft aufnehmen.

Führende Agro-Konzerne forschen derzeit aktiv an nanotechnologischen Produkten. Es gibt Tausende von Patentanmeldungen. Die Zahl der Publikationen auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Anwendungen hat sich in den letzten 10 Jahren fast verzehnfacht. Das zeigt eine aktuelle Recherche der Zeitschrift Nature Nanotechnologie.<sup>7</sup> Eine neue Generation von Nano-Chemikalien für die landwirtschaftliche Nutzung soll auf den Markt kommen. Diese Agro-Chemikalien würden direkt in die Umwelt ausgebracht. Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmittel sollen in Nano-Kapseln verpackt werden, die dafür sorgen, dass die Substanzen die Zellen der Zielpflanzen besser erreichen. Das reduziere die Menge der beim Anbau benötigten Chemikalien. Man verspricht, dass damit eine höhere Effizienz und umweltschonende Anwendungen möglich sei.





Pestizide in Nano-Kapseln gelangen direkt in die Pflanzenzellen.

© Shutterstock

Doch ob eine Mengenreduktion den Einsatz von Nanomaterialien in jedem Fall rechtfertigt, ist gemäss neusten Studien äusserst fraglich.<sup>10</sup>

### Fehlende Transparenz

Da es im Bereich Landwirtschaft keine Deklarationspflicht gibt, ist es schwierig festzustellen, ob Agrochemikalien Nanopartikel enthalten. Bekannt ist, dass der Einsatz von Nanomaterialien zu neuartigen Risiken für die Umwelt und die landwirtschaftlichen Produkte führen kann. Nanopartikel können beispielsweise als Begleitstoff in Pestiziden die Wasserlöslichkeit des Wirkstoffes erhöhen.<sup>11</sup> Diese neuen Eigenschaften der Nanopestizide führen zu grösserer Wirksamkeit, höherer biologischen Verfügbarkeit und zu einer längeren Haltbarkeit

auf dem Feld. Sie bergen damit noch unbekannte Risiken für Mensch und Umwelt.

Thomas Bucheli von der Forschungsanstalt Agroscope war mit einem Projekt am NFP 64 beteiligt. Es sei unklar, was der Einsatz von Nanomaterialien für die Leistung und die Qualität von Nutzpflanzen und für die Gesundheit von Böden und Bodenmikroorganismen bedeute. Auch sei weitgehend unerforscht, ob und wo sich Nanomaterialien anreichern würden. «Niemand auf dieser Welt kann heute Nanopartikel in einem Boden quantifizieren – das ist mit dem Stand der heute verfügbaren analytischen Technik ganz einfach nicht möglich», sagt Bucheli im Schlussbericht des NFP 64.<sup>12</sup> Sollten in naher Zukunft nanopartikelhaltige Produktionsmittel auf den Markt drängen, würde das für die Zulassungsbehörde einiges an Kopfschmerzen verursachen, so Bucheli weiter.

Soll dem Vorsorgeprinzip Rechnung getragen werden, ist beim aktuellen Stand des Wissens eine Freisetzung von Nanomaterialien in der Landwirtschaft abzulehnen. Solange die wissenschaftlichen Informa-

tionen derart unvollständig sind, dass keine eindeutigen Schlüsse zu den möglichen Risiken für die Umwelt oder die Gesundheit gezogen werden können, ist auch eine solide Nutzen-Risiko-Abwägung nicht möglich.

Ob die Anwendung von Nanotechnologie überhaupt dazu beiträgt, den Pestizideinsatz zu verringern, ist offen. Kommt hinzu, dass der Einsatz von Agrochemikalien auch in Kombination mit der Nanotechnologie dem Prinzip einer nachhaltigen Landwirtschaft grundsätzlich widerspricht. Denn heute ist anerkannt, dass Agrochemikalien zu grossen ökologischen Schäden und zu massiver Boden- und Wasserverschmutzung, zu erheblichen Störungen der Ökosysteme und zu einem Verlust der Artenvielfalt geführt haben. Nanopestizide zeigen eine gute Wirksamkeit gegen schädliche Insekten wie Mücken und Schmeißfliegen. Daher ist anzunehmen, dass sie auch für nützliche bestäubende Insekten giftig sind. Sie könnten die Nanopartikel über Ablagerungen im Blütenpollen aufnehmen. Das könnte das Insektensterben noch zusätzlich verstärken. Und auch die menschliche Gesundheit bleibt gefährdet, wenn «zellengängige» Pestizide über Lebensmittel mitgegessen oder mit dem Trinkwasser aufgenommen werden. ■

**Paul Scherer** ist Agronom ETH. Er hat lange für Greenpeace Schweiz gearbeitet. Seit 2012 ist er Geschäftsleiter der SAG Schweizer Allianz Gentechfrei. Es sind viele Parallelen zwischen dem Aufkommen der Gentechnik und der Nanotechnologie zu erkennen. Mit letzterer befasst sich die SAG seit 2011, vor allem mit ihrer Anwendung im Lebensmittelbereich, in Gebrauchsgegenständen (Verpackungsmaterialien, Kosmetika, Textilien) sowie in der Landwirtschaft und Umwelt.

p.scherer@gentechfrei.ch  
www.nanofakten.ch  
www.gentechfrei.ch

# Nanopartikel in Lebensmitteln

## – Vorkommen und Kennzeichnung

Barbara Rothen-Rutishauser und Alke Fink,  
Adolphe Merkle Institut, Fribourg

Es gibt zahlreiche Lebensmittel, die synthetische Nanopartikel als Zusatzstoffe enthalten. Eine kompetente Analytik unterstützt die öffentliche Debatte für einen sicheren Umgang mit diesen Materialien.

Nanotechnologie ist in der Medizin und Pharmazie, in der Landwirtschaft und in der gesamten Industrie eine Schlüsseltechnologie für innovative und nachhaltige Produkte. Künstlich hergestellte Nanomaterialien sind in unserem täglichen Leben bereits weit verbreitet. Es gibt eine breite Palette von verschiedenen Arten von Nanomaterialien, wobei jede einzelne Art eine andere physikalisch-chemische Zusammensetzung, Grössenverteilung und Form aufweist, die es ermöglicht, sie für eine Vielzahl einzigartiger Anwendungen zu verwenden (z. B. Rieselhilfe bei Pulvern, mineralische UV-Filter in Sonnencremes, Pigmente zur Farbgebung, vgl. auch Beitrag Fuchs, S. 10).

Auch in Lebensmitteln findet man künstlich hergestellte anorganische Nanopartikel wie z.B. Titandioxid (TiO<sub>2</sub>) oder Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>). Diese Lebensmittelzusatzstoffe sind seit Jahren auf Produkten als E-Nummern unter E 171 für TiO<sub>2</sub> und E 551 für SiO<sub>2</sub> gekennzeichnet<sup>1</sup>. Titandioxid dient insbesondere in Lebensmitteln wie



© Andrei Bereznitski/istockphoto

Siliziumdioxid dient als Rieselhilfe.

Süssigkeiten, Bonbons und Kaugummis als Farbstoff.<sup>2</sup> Siliziumdioxid wird in Form von synthetisch amorpher Kieselsäure verwendet. Sein Hauptzweck in der Lebensmittelindustrie besteht darin, das Fließen in viskosen Produkten zu verbessern oder das Klumpen in pulverförmigen Produkten zu verhindern. Es findet auch Verwendung als Verdickungsmittel in Pasten, als Träger von Aromen und als Mittel zur Klärung von Getränken und zur Kontrolle der Schaumbildung.<sup>3</sup>

### Nanomaterialien und Gesetzgebung

Die Europäische Kommission hat im Jahr 2011 folgende Empfehlung für die Definition von Nanomaterialien/Nanopartikel

verabschiedet:<sup>4</sup>

«Nanomaterial ist entweder ein natürliches, ein bei Prozessen anfallendes oder ein hergestelltes Material, das Partikel in ungebundenem Zustand, als Aggregat oder als Agglomerat enthält, und bei dem mindestens 50 % der Partikel in der Anzahlgrössenverteilung ein oder mehrere Aussenmasse im Bereich von 1 bis 100 Nanometer (nm) haben.»

Bei Nanopartikeln messen alle drei Dimensionen zwischen 1–100 nm. Um ein Material für legislative und politische Zwecke in der Europäischen Union (EU) als «Nano» einzustufen, muss die offizielle Definitionsempfehlung zur Anwendung kommen. So müssen, wie in der EU-Kosmetikverordnung 1223/2009 festgelegt<sup>5</sup>, alle Inhaltsstoffe, die als Nanopartikel vorliegen, auf der Verpackung mit dem in Klammern gesetzten Begriff (Nano) gekennzeichnet werden.

Zusätzlich hat die EU mit ihrer Lebensmittelverordnung 1169/2011 eine Kennzeichnungspflicht eingeführt für Lebensmittel und Kosmetikprodukte, die Nanopartikel enthalten: «Alle Zutaten, die in Form technisch hergestellter Nanomaterialien vorhanden sind, müssen im Zutatenverzeichnis eindeutig aufgeführt werden. Auf die Bezeichnung solcher Zutaten muss das in Klammern gesetzte Wort «Nano» folgen.»

Beide Verordnungen sollen also sicherstellen, dass die Hersteller die Konsumentinnen und Konsumenten über diese Inhaltsstoffe informieren<sup>6</sup>.

In der Schweiz enthalten die Chemikalienverordnung, die Biozidprodukteverordnung, die Pflanzenschutzmittelverordnung und das Lebensmittelrecht

<sup>10</sup> <https://www.nature.com/articles/s41565-020-0706-5>

<sup>11</sup> <https://www.nanopartikel.info/nanoinfo/querschnittsthemen/2615-nanomaterialien-in-pflanzen-schutzmitteln>

<sup>12</sup> Schlussbericht zum NFP 64, S. 19, [http://www.nfp64.ch/SiteCollectionDocuments/Schlussbrochure\\_NFP64\\_D.pdf](http://www.nfp64.ch/SiteCollectionDocuments/Schlussbrochure_NFP64_D.pdf)

<sup>1</sup> RIKILT and JRC, 2014. Inventory of Nanotechnology applications in the agricultural, feed and food sector. EFSA supporting publication 2014:EN-621, 125 pp.; 2014.

<sup>2</sup> Weir, A.; Westerhoff, P.; Fabricius, L.; Hristovski, K.; von Goetz, N., Environ Sci Technol 2012, 46 (4), 2242-50. DOI 10.1021/es204168d

<sup>3</sup> Peters, R. et al. ACS Nano 2012, 6 (3), 2441-51. DOI 10.1021/nn204728k

<sup>4</sup> European Commission (2011). Commission Recommendation of 18 October 2011 on the definition of nanomaterial. Official Journal of the European Union 2011/696/EU: 38-40.

<sup>5</sup> Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on cosmetic products, Off.J. EU 2009: L 342, 22.12.2009, p. 59-209.

<sup>6</sup> Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers. Off. J. EU 2011, L 304, 22.11.2011, p 18-63.



spezifische Anforderungen für Nanomaterialien<sup>7</sup>. Ab dem Jahr 2021 müssen nun auch in der Schweiz Lebensmittelhersteller angeben, ob ein Produkt synthetische Nanopartikel enthält, sofern dieser Zusatz absichtlich zugesetzt ist.

### Kritische Stimmen

Wie bereits erwähnt, müssen Nanopartikel in Lebensmittel als Zusatzstoffe unter der entsprechenden E-Nummern gekennzeichnet werden. Die E-Nummern bezeichnen Lebensmittelzusatzstoffe, die in der EU und der Schweiz zugelassen sind und geben keinen Hinweis auf eine mögliche Gefährdung. Es ist wichtig zu erwähnen, dass Gesetzgebung und Zulassungsbehörden verlangen, dass nur unschädliche (d.h. für den Verbraucher und die Verbraucherin sichere) Lebensmittelzusatzstoffe erlaubt sind. Daher sind alle Zusatzstoffe getestet und müssen vom Gesetzgeber zugelassen sein<sup>8</sup>.

Es gibt jedoch kritische Stimmen, die das potenzielle gesundheitliche Risiko synthetischer Nanopartikel hervorheben<sup>9</sup>. Diese Bedenken stützen sich vor allem auf einige Tierstudien. Diese zeigten, dass beispielsweise oral aufgenommene TiO<sub>2</sub>-Partikel, die

dem Trinkwasser beigelegt wurden, in den Tieren das Immunsystem beeinträchtigten, sowie Veränderungen in der Darmschleimhaut auslösen<sup>10</sup>. Diese Studien, wie alle Tierstudien, haben jedoch Schwächen und wurden in der Zwischenzeit von anderen Studien widerlegt. Bei diesen wurden TiO<sub>2</sub> Nanopartikel dem Futter beigelegt, und es wurden keine Effekte auf das Immunsystem und Veränderungen der Darmschleimhaut festgestellt<sup>11</sup>.

Die Aussagen über mögliche Effekte von Nanopartikel in Lebensmittel sind also im Moment sehr kontrovers und verunsichern die Konsumenten und Konsumentinnen. Darum ist es wichtig, die Schlussfolgerungen und Empfehlungen der Behörden zu konsultieren. Die europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat in den vergangenen Jahren alle verfügbaren Studien zu Effekten von in Lebensmittel verwendeten Nanopartikel bei Tieren ausgewertet. Daraus folgerte die Behörde, dass die vorhandenen Daten keinen Anlass zu Bedenken für die menschliche Gesundheit geben, wenn man die geringe orale Bioverfügbarkeit der Nanopartikel und damit die geringe Exposition berücksichtigt. Die EFSA hat jedoch die Durchführung weiterer Studien empfohlen, um bestehende Datenlücken bezüglich möglicher Auswirkungen zu schliessen. Damit soll die Ableitung einer akzeptablen täglichen Aufnahmemenge des Lebensmittelzusatzstoffes E 171 möglich werden<sup>12</sup>. Auch das deutsche Bundesamt für Risikoforschung (BfR) hält die Schlussfolgerung der EFSA für nachvollziehbar<sup>13</sup>.

### Sicherer Umgang mit Nanomaterialien in der Schweiz

Auch in der Schweiz steht die Sicherheit von Nanomaterialien in der Wissenschaft, Politik und bei Bundesämtern unter Beobachtung und wird intensiv diskutiert. So verabschiedete der Bundesrat im April 2008 den «Aktionsplan Synthetische Nanomaterialien». Sein Ziel ist, rechtliche Grundlagen für einen



Mozzarella kann Titandioxid als Aufheller enthalten.

© StockAdobe

sicheren Umgang mit Nanomaterialien zu schaffen<sup>14</sup>. Der Aktionsplan hat für einen öffentlichen Dialog Informationen über die Chancen und Risiken der Nanotechnologie zusammengestellt. Er gab den Anstoss zu vertieften Forschungsarbeiten, wie dem Nationalen Forschungsprogramm «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» (NFP64) und initiierte die Entwicklung des Vorsorge-rasters für synthetische Nanomaterialien (vgl. Beitrag Karlaganis, S. 23).

Der Aktionsplan wurde 2019 abgeschlossen. Die Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind auf der Webseite des Bundesamts für Gesundheit (BAG) aufrufbar<sup>15</sup>. Weitere Informationen zum Thema Nanomaterialien finden sich unter «www.infonano.ch».

Die Erkenntnisse aus dem Aktionsplan führten zur Gründung von zwei neuen Dienstleistungsplattformen in der Schweiz. Sie sollen die Förderung des sicheren und nachhaltigen Umgangs mit Nanomaterialien weiterverfolgen. So wurde 2018 die nationale und unabhängige Kontaktstelle contactpoint-nano.ch unter der Leitung des Empa-Forschers Dr. Peter Wick gegründet<sup>16</sup>. 2020 entstand am Adolphe Merkle Institut (AMI) der Universität Fribourg die Analytik-Plattform «Swiss NanoAnalytics»<sup>17</sup>. Die Plattform bietet einen dienstleistungsorientierten Service für die Charakterisierung von Nanomaterialien, zum Beispiel in Kosmetikprodukten, Lebensmitteln oder neuen Medikamenten. Diese Expertise für Industrie und Behörden ist vor allem in Hinblick auf die ab Mai 2021 gültige Deklarationspflicht für Nanomaterialien in Lebensmitteln wichtig.

### Fazit

Synthetische Nanomaterialien haben ein enorm breites Anwendungspotenzial und können Lebensmitteln neue oder verbesserte Eigenschaften verleihen. Wichtig ist es, die Sicherheit von diesen Materialien immer wieder zu hinterfragen und mit Experten und Expertinnen aus verschiedenen Bereichen zu diskutieren, sowie die Emp-

fehlungen der Behörden zu konsultieren. Die Kennzeichnungspflicht «Nano» in Lebensmitteln ab Mai 2021 wird die öffentliche Debatte sicher wieder anregen. Lebensmittelzusatzstoffe wie Nanopartikel werden nur zugelassen, wenn sie sicher sind. Nach dem heutigen Wissensstand gibt es laut den Behörden keinen Anlass für gesundheitliche Bedenken. «Nano» ist eine junge Technologie, die täglich neue Diskussionen, wissenschaftliche Erkenntnisse oder Anwendungen hervorbringt. Es ist wichtig, das Thema auch in Zukunft objektiv und kompetent von allen Seiten zu beleuchten, um das Potenzial der Technologie nachhaltig auszuschöpfen und gleichzeitig einen sicheren Umgang damit zu gewährleisten. ■

**Prof. Dr. Barbara Rothen-Rutishauser** ist Biologin und ordentliche Professorin für Bionanomaterialien am Adolphe Merkle Institut, ein Kompetenzzentrum an der Universität Fribourg (CH), spezialisiert auf Forschung und Ausbildung im Bereich der weichen Nanomaterialien. Seit 2011 leitet Sie hier mit Prof. Dr. Alke Fink die Gruppe Bionanomaterialien. Ihre Forschungsprojekte konzentrieren sich auf die Nanomaterial-Zell-Interaktionen, sowie die Etablierung von 3D Zellkulturmodellen, um die Effekte von Nanomaterialien in den Geweben von Lunge, Darm und Haut zu untersuchen.  
barbara.rothen@unifr.ch  
www.ami.swiss

**Prof. Dr. Alke Fink** ist Chemikerin und ordentliche Professorin für Bionanomaterialien am Adolphe Merkle Institut und im Chemiedepartement der Universität Fribourg. Ihre Forschungsprojekte konzentrieren sich auf die Synthese von Nanopartikeln, deren Detektion in realer Umgebung, sowie deren Anwendung in Werkstoffen bis in der Nanomedizin.

<sup>7</sup> <https://www.bag.admin.ch/bag/en/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie/rechtsetzung-und-vollzug/geltendes-recht.html>

<sup>8</sup> <https://www.nanopartikel.info/haeufige-fragen/2262-lebensmittelzusatzstoffe-siliziumdioxid-e551-titandioxid-e171-sind-diese-e-nummern-gefaehrlich-bzw-ist-das-ueberhaupt-nano>

<sup>9</sup> Winkler, H. C.; Suter, M.; Naegeli, H., J Nanobiotechnology 2016, 14 (1), 44. DOI 10.1186/s12951-016-0189-6

<sup>10</sup> Bettini, S. et al., Sci Rep 2017, 7, 40373. DOI 10.1038/srep40373

<sup>11</sup> Blevins, L. K. et al., Food Chem Toxicol 2019, 133, 110793. DOI 10.1016/j.fct.2019.110793

<sup>12</sup> <https://www.efsa.europa.eu/de/press/news/160914>

<sup>13</sup> <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/titandioxid-es-besteht-noch-forschungsbedarf.pdf>

<sup>14</sup> [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/chemikalien/ud-umwelt-diverses/aktionsplan-synthetischenanomaterialien.pdf.download.pdf/aktionsplan\\_synthetischenanomaterialien.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/chemikalien/ud-umwelt-diverses/aktionsplan-synthetischenanomaterialien.pdf.download.pdf/aktionsplan_synthetischenanomaterialien.pdf)

<sup>15</sup> <https://www.bag.admin.ch/dam/bag/de/dokumente/chem/nanotechnologie/2019-schlussbericht-br-aktionsplan-nano.pdf.download.pdf/2019-schlussbericht-br-aktionsplan-nano-de.pdf>

<sup>16</sup> <https://contactpointnano.ch/>

<sup>17</sup> <https://www.ami.swiss/en/nanoanalytics/>



# Nanomaterialien am Arbeitsplatz

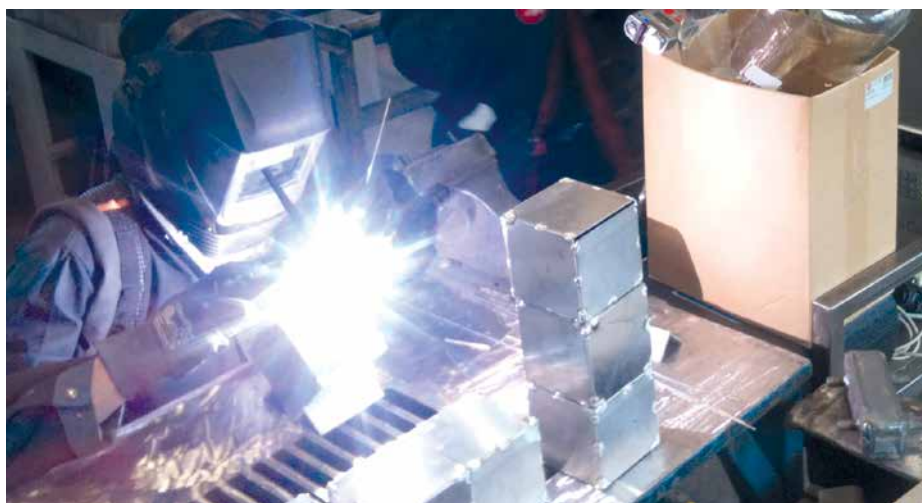
## – unsichtbar aber nicht vernachlässigbar

Michael Riediker, SCOEH Winterthur

Nanopartikel stecken in unzähligen Materialien. Viele Verarbeitungsprozesse setzen unsichtbare Wolken dieser Winzlinge frei. Es fehlt noch an korrekter Messung und zuverlässig umgesetztem Schutz.

Nanomaterialien. Vor einigen Jahren waren sie noch Kuriositäten aus wissenschaftlichen Labors. Unterdessen haben sie ihren Nutzen für zahlreiche Anwendungen gezeigt und sind in unseren Alltag eingezogen. Bei vielen Produkten, wie etwa bei Nanosaugnapfen – «magische» wiederverwendbare Haftpads – oder modernen elektronischen Chips geht es um nanoskalige Strukturen. In anderen kommen «echte» Nanoobjekte zum Einsatz, also Partikel, Fasern oder Platten, die in einer bis drei Dimensionen nur wenige Nanometer gross sind (ausführliche Definition vgl. Beitrag Karlaganis, S. 23).

Als die Nanomaterialien vor etwas mehr als einem Jahrzehnt in der Öffentlichkeit bekannt wurden, schürten Sie immense Hoffnungen aber auch grosse Ängste. Während sie für die einen die Lösung aller Probleme der Menschheit darstellten, sagten andere den Untergang des Planeten durch selbst-replizierende Nanoroboter voraus. Heute können wir besser zwischen Fiktion und Realität unterscheiden und auch etwas über die Chancen und Risiken sagen. Ein Bereich, in dem viel Forschung zu Risiken betrieben wurde, ist die Arbeitssicherheit. Was wissen



Auch beim Schutzgas-Schweissen werden Nanopartikel frei – unsichtbar.

© SCOEH

wir heute über die Exposition gegenüber Nanomaterialien und die Effizienz von Schutzmassnahmen?

### Expositionsquellen am Arbeitsplatz

Sobald man ein Material herstellt oder verwendet, besteht prinzipiell die Möglichkeit, dass ein Teil des Materials freigesetzt wird. Bei der Untersuchung von Expositionen ist es hilfreich, die ganze Kette von Ereignissen zurück bis zur Freisetzung zu betrachten. Die Freisetzung von Nanomaterialien hängt einerseits vom Material ab, andererseits aber auch von den Verarbeitungsprozessen.

Wird zum Beispiel eine Nanobeschichtung in einem Tauchbad angebracht, muss man die Arbeitenden vor allem daran hindern, ihre Hände ins Bad zu tauchen. Wird dagegen die Beschichtung aufgesprüht, kommt es rasch zu sehr hohen Konzentra-

tionen in der Luft, was entsprechend komplexe Schutzmassnahmen nötig macht. Vor ein paar Jahren analysierten wir die Publikationen zur Freisetzung von Nanopartikeln bei vielen verschiedenen Arbeitsprozessen.<sup>1</sup> Wir sahen, dass Sprühprozesse oft zu vielen Millionen Nanopartikel pro Milliliter Luft führen. Das ist ähnlich viel wie bei der Herstellung von Nanopulvern. Aber auch bei der maschinellen Verarbeitung und beim Umfüllen von Pulvern kann es zu sehr hohen Konzentrationen und also grossen Expositionen kommen. Unter den Verarbeitungsprozessen am wenigsten riskant sind die Ultraschallbäder. Sie führen selbst bei hohem Energieeinsatz selten zu mehr als ein paar Tausend Partikeln in der Luft.

### Schutz vor Nano

Damit es nach einer Freisetzung von Nanopartikeln nicht zu einer Exposition kommt,

braucht es Schutzmassnahmen. Am besten packt man das Problem bei der Quelle an. Idealerweise würden also alle Prozesse in geschlossenen Systemen ausgeführt. Doch das ist nicht immer möglich. Ein bekanntes Schutzsystem sind die flexiblen Saugarme, die über Geräteöffnungen installiert sind. Absaugen alleine ist aber häufig nicht sehr effizient. Da sich Nanoobjekte in der Luft ähnlich wie Gase verhalten, ist es besser, zusätzlich mit gerichteten Luftströmungen zu arbeiten. Diese blasen die Partikel zur Absaugeinrichtung.

Bei komplexen manuellen Interaktionen und spätestens, wenn Wartungsarbeiten an Maschinen fällig werden, stellt sich auch die Frage nach der persönlichen Schutzausrüstung (PSA). Zahlreiche Studien zeigten, dass beispielsweise Masken ziemlich effizient vor Nanopartikeln schützen, sofern sie korrekt getragen werden. Sie sind aber nicht sehr komfortabel. Viele Personen zeigen zudem Mühe, sie richtig anzuziehen. Das kann jeder in der aktuellen Corona-Pandemie selbst beobachten. Allerdings ist es besonders für Frauen und Jugendliche tatsächlich schwierig, da es nur wenige Masken gibt, die an ihre Köpfe passen. Auch Schutzanzüge und Handschuhe schützen vor Nanomaterialien. Es ist allerdings wichtig, das passende Schutzmaterial zu wählen und die Anweisungen der Hersteller und Fachexperten zu beachten.

### Was nicht stiebt und raucht...

Es kommt leider immer wieder vor, dass Sicherheitsvorschriften nicht eingehalten oder von den Vorgesetzten nicht durchgesetzt werden. Ein wichtiges Problem bei dieser fehlenden Compliance ist, dass viele Arbeitnehmer es nicht realisieren, wenn es zur Freisetzung von Nanomaterialien kommt. Die winzigen Nanopartikel sind für das menschliche Auge unsichtbar. Ein gutes Beispiel kommt aus der «klassischen Industrie»: Schutzgas-Schweissen hat bei vielen Arbeitenden den Ruf, ein sauberer



Viel Aufwand für die Messung von Nanopartikeln.

© SCOEH

Prozess zu sein. Denn schliesslich scheint es dabei fast keinen Rauch zu geben. Deshalb tragen viele Schweisser bei diesem Prozess keine Atemschutzmasken. Allerdings zeigten unsere Messungen, dass die emittierte Partikelmasse beim Schutzgas-Schweissen fast gleich hoch ist wie beim klassischen Schweißen. Die Masse ist aber auf viele Millionen ultrafeine und unsichtbare Nanopartikel verteilt. Das Auge ist bei Nanomaterialien ein denkbar schlechtes Messgerät, um saubere von schmutzigen Prozessen zu unterscheiden.

### Lückenhafte Expositionsmessungen

Für eine saubere Expositionsbestimmung reicht es nicht, einfach eine Messung der Anzahl Partikel in der Luft zu machen. Zu berücksichtigen sind auch Informationen zum Kontext und Metadaten zu den Stoffen und Prozessen. Diese sind wichtig für die nachfolgende Risikoanalyse und auch, um das Verhalten von Nanomaterialien am Arbeitsplatz und in der Umwelt besser untersuchen zu können. Unsere Analyse von fast 100 Publikationen zeigte, dass die meisten Messberichte zwar beschreiben, wo und wie lange gemessen wurde. Doch selten gab es Informationen zum Raumvolumen, zu wie oft und wie lange dort jemand arbeitet, wie häufig ein Prozess überhaupt vorkommt und ob alle Arbeitsschritte betrachtet wurden. Auch die vorhandenen Schutzmassnahmen und die eingesetzte PSA wurden oft nicht beschrieben.

Noch schlimmer sah es bei der Charakterisierung der Partikel aus. Während die

meisten Berichte Anzahl, Grösse und Morphologie der Partikel beschreiben, gab es bei der Masse und der chemischen Zusammensetzung bereits Lücken. Angaben zur Oberfläche, Funktionalisierung und Reaktivität der Partikel waren noch viel seltener.

### Empfehlungen nützen

Unsere Untersuchung brachte allerdings auch eine gute Botschaft: Es gibt eine klare Verbesserung in den Berichten, die nach der Veröffentlichung unserer gemeinsam mit europäischen Kollegen verfassten Empfehlungen zur Erfassung von Metadaten bei Expositionsmessungen verfasst sind.<sup>2</sup>

Die Forschung geht weiter und mehrere aktuelle internationale Projekte mit Schweizer Beteiligung arbeiten daran, die Grundlagenforschung in praktische Schutzkonzepte und Anleitungen zu übersetzen.

**Dr. sc. nat. Michael Riediker** ist Umweltwissenschaftler und zertifizierter Arbeitshygieniker SGAAH. 2018 gründete er das Schweizerische Zentrum für Arbeits- und Umweltgesundheit (Swiss Centre for Occupational and Environmental Health) SCOEH in Winterthur, dessen Direktor er ist. Das SCOEH forscht, berät und lehrt zu Faktoren, die Arbeitsplätze und Umwelt gesünder machen. Als Aerosol-Experte ist Riediker ein gefragter Experte in der aktuellen Corona-Pandemie.  
michael.riediker@scsoeh.ch  
scsoeh.ch

<sup>1</sup> Ding, Y., Kuhlbusch, T.A.J., Van Tongeren, M., Jiménez, A.S., Tuinman, I., Chen, R., Alvarez, I.L., Mikolajczyk, U., Nickel, C., Meyer, J., Kaminski, H., Wohlleben, W., Stahlmecke, B., Clavaguera, S., Riediker, M. (2017). Airborne engineered nanomaterials in the workplace—a review of release and worker exposure during nanomaterial production and handling processes. Journal of Hazardous Materials 322, Part 17–28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.04.075>

<sup>2</sup> Clark, K., van Tongeren, M., Christensen, F.M., Brouwer, D.H., Nowack, B., Gottschalk, F., Micheletti, C., Schmid, K., Gerritsen, R., Aitken, R.J., Vaquero, C., Gkanis, V., Housiadas, C., de Ipiña, J.M.L., Riediker, M. (2012). Limitations and information needs for engineered nanomaterial-specific exposure estimation and scenarios: recommendations for improved reporting practices. Journal of Nanoparticle Research 14, 970. <https://doi.org/10.1007/s11051-012-0970-x>



# Gelingt die Energiewende dank Nanotechnologien?

Dieser Artikel ist ein Auszug aus der Broschüre «Nanotechnologie: Lösung für unsere Umweltprobleme?»<sup>1</sup> des Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND)

In der hier mit freundlicher Genehmigung in Auszügen abgedruckten Broschüre<sup>1</sup> beschäftigt sich der BUND mit den Erwartungen an «Green nano» (grüne Nanotechnologien). Ausgewählt sind mit Energieerzeugung und -speicherung zwei Bereiche, die wesentlich zum Ressourcenverbrauch und an die Emission von Klimagasen beitragen.

Unter «Green nano» versteht der BUND in Anlehnung an die deutsche Nanokommission sowohl eine Anwendung dieser Technologien im Sinne der Nachhaltigkeit (z.B. Umweltentlastung, Ressourcenschutz), wie auch die nachhaltige Gestaltung der technologischen Massnahmen selbst. Bei ihrem Einsatz müsse «sichergestellt sein, dass keine neuen Gesundheits- und/oder Umweltgefährdungen entstehen».

Einleitend schreibt der BUND in seiner Broschüre: «Das nachhaltige Potenzial von Nanotechnologien wird zwar häufig herausgestellt. [...]

Einige der wenigen bislang durchgeführten Lebenszyklus-Analysen zeigen für bestimmte Produkte durchaus verringerte Umweltwirkungen bzw. Energie- und Ressourceneinsparungen durch die Verwendung von Nanomaterialien bzw. nanotechnologischer Verfahren. Berücksichtigt werden muss aber auch, dass die Herstellung von Nanomaterialien z.T. viel Energie, Wasser und umweltproblematische Chemikalien benötigt, so dass der Nutzen oftmals zumindest fraglich bleibt».

Viele hoffen, technische Innovationen werden künftig unseren Energieverbrauch rein waschen. Der deutsche Umweltverband BUND hat das Potenzial der Nanotechnologie geprüft. Ein Persilschein ist das nicht.

Eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts stellt der Übergang von fossilen Brennstoffen zu nachhaltigen, erneuerbaren Energiequellen dar. Der Nanotechnologie wird hierbei eine wesentliche Rolle bei der Suche nach technischen Lösungen für eine bessere Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung sowie nicht zuletzt auch bei der Nutzung zugesprochen.

## Durchbruch für die Solarenergie?

Zurzeit liegt der Anteil der durch Photovoltaik (PV) erzeugten Stroms in Deutschland noch unter 10 Prozent. Um die Herstellung von Solarstrom wirtschaftlicher zu betreiben, zielt die Forschung auf eine Optimierung des Wirkungsgrades, des Materialeinsatzes und der Kosten. Durch eine effiziente Nutzung des gesamten Wellenlängenspektrums des Sonnenlichts kann außerdem der Wirkungsgrad der Module erhöht werden. Nanomaterialien werden bereits heute als Antireflexbeschichtung, als Isoliermaterial oder als Elektrodenmaterial eingesetzt, wodurch sich der Wirkungsgrad teilweise um bis zu 5 Prozent erhöhen lässt.

Zurzeit haben Dünnschichtsolarzellen bestehend aus Verbindungshalbleitern wie z. B. Galliumarsenid, Indiumphosphid, Cadmiumtellurid oder Zinkselenid bereits einen Weltmarktanteil an der PV-Produktion von 20 Prozent, mit steigender Tendenz. Im Labor konnten Wirkungsgrade von bis zu 40 Prozent erreicht werden. Das ist wesentlich mehr als bei den herkömmlichen auf Silizium basierenden Solarzellen, die nur bis zu 25 Prozent erreichen können.

Dünnschichttechnologien haben aufgrund des geringen Halbleitermaterialverbrauchs

nicht nur ökonomische, sondern auch ökologische Vorteile bei der Umweltverträglichkeit. Die energetische Amortisation liegt bei ca. einem Jahr und ist somit wesentlich kürzer als bei herkömmlichen Siliziumsolarzellen mit ca. zwei Jahren. Auch in der Lebenszyklusanalyse haben sie nur ein geringes Treibhausgaspotenzial sowie einen geringen Wasserverbrauch und auch die Emissionen von Stickoxiden und Schwefeldioxid sind nur etwa halb so hoch wie bei herkömmlichen PV-Modulen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass Cadmium krebserzeugend und daher in vielen Anwendungen bereits verboten ist, wohingegen andere Elemente wie z.B. Indium nur sehr begrenzt verfügbar und deshalb teuer sind.<sup>2</sup>

Von der nanobasierten Photovoltaik können deutliche Verbesserungen beim Wirkungsgrad und den Kosten erwartet werden. Noch nicht befriedigend gelöst ist der Ersatz einer Vielzahl toxischer Stoffe. Auch sind viele Fragen bezüglich des gesamten Lebenszyklus von Solarenergieprodukten und der Nutzung neuer Nanomaterialien noch nicht abschließend zu beantworten.

## Effizientere Windenergieanlagen?

Für den Windenergiemarkt wird in den nächsten Jahren weltweit mit Wachstumsraten im zweistelligen Bereich gerechnet. Die Windenergie deckt in Deutschland bereits knapp unter 20 Prozent des Strombedarfs. Durch den gezielten Einsatz von Nanomaterialien in Windenergieanlagen (WEA) erhofft man sich in erster Linie einen besseren Wirkungsgrad.

Durch den Einsatz von Kohlenstoff-

Mit Nanomaterialien könnten die in Umweltkreisen umstrittenen Windräder noch grösser gebaut werden.  
© Nathan McBride/unplash

nanoröhren (CNT) in Kompositmaterialien für die Rotorblätter kann das Gewicht verringert und gleichzeitig die Stabilität erhöht werden. Der Einsatz größerer Rotorblätter ermöglicht dann eine höhere Energieausbeute. Zusätzliche Oberflächenbeschichtungen mit CNT oder Graphen können eine Eisbildung und Verschmutzung auf den Rotorblättern reduzieren, sodass eine Gewichtszunahme der Rotorblätter vermieden wird und die aerodynamischen Eigenschaften der Rotorblätter erhalten bleiben.

Windenergieanlagen bestehen aus vielen beweglichen Bauteilen (Getriebe u. a.), bei denen es aufgrund von Reibung zu einem Wirkungsgradverlust kommt. Die Anwendung von nanobasierten Schmierstoffen wie Graphen oder Nano-Siliziumdioxid kann den Reibungswiderstand verringern.

Bei den oben genannten nanotechnologischen Anwendungen lässt sich, unter der Voraussetzung einer optimalen Prozessführung über den gesamten Lebenszyklus, eine zumindest leichte Verbesserung der Energieeffizienz der Windenergieanlagen erzielen. Darüber hinaus kann der Einsatz von nanobasierten Schmierstoffen den Einsatz von herkömmlichen umwelt- und gesundheitsschädigenden Schmierstoffen reduzieren. Nachteilig wirkt sich allerdings der höhere Energie- und Lösemittelbedarf bei der Herstellung der Rotorblätter aus.

## Wasserstoff für Brennstoffzellen?

Schon seit Jahrzehnten wird angestrebt, Wasserstoff als Energieträger für die Brenn-

stoffzellentechnik, insbesondere für Automobile, zu etablieren. Eine Brennstoffzelle wandelt chemische Energie direkt in elektrische Energie um, wobei der Energieträger, vor allem Wasserstoff, an der Anode in Protonen und Elektronen dissoziiert. Durch die Reaktion von Protonen, Elektronen und Sauerstoff an der Kathode bildet sich Wasser und es fließt Strom. Obwohl Wasserstoff nahezu unendlich vorhanden ist, eine sehr hohe Energiedichte hat und ohne schädliche Emissionen verbrennt, steckt die Technik aufgrund immenser Kosten immer noch in Kinderschuhen.

Nanomaterialien könnten die Herstellung von Wasserstoff verbilligen, z. B. in dem bei den bislang bei der Elektrolyse eingesetzten Platinelektroden Nano-Platin verwendet wird, wodurch sowohl Effizienz und Geschwindigkeit erhöht als auch Kosten gesenkt werden können. In der Photolyse könnte z. B. Nano-Titandioxid mit Sonnenlicht als Energiequelle genutzt werden. Bisher ist allerdings die Effizienz der rein photokatalytischen Systeme zu gering, um kommerziell umgesetzt zu werden.

Nanomaterialien hätten durchaus das Potenzial durch eine effizientere und deutlich kostengünstigere Herstellung von Wasser-

<sup>1</sup> BUND (2020). Nanotechnologie: Lösung für unsere Umweltprobleme?, [https://www.bund.net/fileadmin/user\\_upload\\_bund/publikationen/chemie/nanotechnologie\\_umweltprobleme\\_broschuere.pdf](https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/chemie/nanotechnologie_umweltprobleme_broschuere.pdf)

<sup>2</sup> Die BUND-Broschüre gibt hier weitere Informationen zu Farbstoff-Solarzellen (DSSC haben eine geringe Haltbarkeit und grosses Treibhausgaspotenzial), Quantenpunktsolarzellen (QDSC enthalten eine Vielzahl an toxischen Halbleitermaterialien) und organischen Solarzellen (bei OPV ist der Einsatz gefährlicher Lösemitteln hoch).

## Keine Daten – kein Markt

Alle gesetzlichen Regelwerke müssen nano-spezifische Regelungen enthalten, z.B. für nano-spezifische Sicherheitstests. Solange keine ausreichenden Daten vorgelegt werden, die mögliche Gefahren für die menschliche Gesundheit und/oder Um-

welt hinreichend sicher ausschliessen und eine sichere und dem Prinzip der Vorsorge folgende Verwendung demonstrieren, darf ein Produkt nicht vermarktet werden.

Forderung des BUND an den Gesetzgeber.





Nanobasierte Batterien sollen diese herkömmlichen ablösen. Bei unsachgemässer Entsorgung würden wiederum Nanopartikel frei.

© wir-sind-klein/Pixabay

stoff die Marktfähigkeit von Brennstoffzellen zu verbessern.

### Fortschritte in der Energiespeicherung?

Die Bedeutung der Energiespeicherung wird in naher Zukunft mit dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien und der Elektromobilität stark zunehmen. Die derzeitigen Batterien sind noch immer zu schwer, zu groß, zu teuer und der Ladevorgang dauert zu lange. Daher wird daran gearbeitet, mithilfe der Nanotechnologien wesentlich leistungsfähigere und leichtere Stromspeicher zu entwickeln und serienreif verfügbar zu machen.

Schwerpunkt der Forschung und Entwicklung sind zurzeit wieder aufladbare Batterien auf Lithiumbasis. Diese sind aktuell die am weitesten verbreiteten tragbaren Energiespeicher (u. a. in Laptops, Mobiltelefonen und Elektrofahrzeugen). Aus ökonomischen und ökologischen Gründen werden zunehmend neue nanobasierte Materialien

eingesetzt, so beispielsweise Phosphate von Übergangsmetallen (Lithiummangan-, Lithiumkobalt-, Lithiumeisenphosphat). Dies führt beispielsweise zu einer Reduktion der Materialmenge, außerdem wird durch die Nanostrukturierung die Oberfläche der Kathode vergrößert, wodurch die Energiespeicherung verbessert und die Ladezyklen stabilisiert werden könnten.<sup>3</sup>

Bei bestimmungsgemäsem Gebrauch der Energiespeichersysteme ist nicht mit einer Freisetzung von Nanomaterialien zu rechnen, da diese in der Regel als Nanokomposite vorliegen, die im Speichersystem eingeschlossen sind. Prinzipiell könnten die Nanomaterialien die Energiespeicher sicherer und haltbarer machen, sodass auch das Explosionsrisiko gegenwärtiger Energiespeicher vermindert würde. Die Sammlung verbrauchter Energiespeicher muss allerdings durch geregelte Rücknahmesysteme gewährleistet sein, um eine sichere und effiziente Verwertung zu gewährleisten. Bei einer unsachgemäßen Entsorgung sind negative Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen nicht auszuschließen.

### Steigerung der Energieeffizienz?

Im Fahr- und Flugzeugbau könnte die Nut-

zung von Nanomaterialien, die leichter und widerstandsfähiger als konventionelle Materialien sind (wie beispielsweise Kohlenstoffnanoröhren) zu einer deutlichen Effizienzsteigerung führen, da leichtere Fahrzeuge weniger Energie verbrauchen, um die gleiche Strecke zurückzulegen.

Gerade der Verkehrssektor ist allerdings ein Bereich, in dem bislang alle technologischen Fortschritte zur Effizienzsteigerung und Ressourcenschonung durch immer stärkere Motoren und höhere Zulassungszahlen bei den Autos und einer permanenten Zunahme des Luftverkehrs in der Summe zu keinerlei Einsparungen geführt haben. Auch fehlen Untersuchungen zur ökologischen Gesamtbilanz entsprechender Anwendungen.<sup>4</sup>

### Gesamtfazit

Die aufgeführten Beispiele zur Energieeffizienz zeigen sehr eindrücklich, dass die technologischen Erneuerungen durch Nanotechnologien allein nicht in der Lage sind, die weitgesteckten Erwartungen zu erfüllen. Ohne flankierende politische Maßnahmen werden sich die notwendigen Zielvorgaben zur Begrenzung des Klimawandels nicht erreichen lassen.

# Internationale und nationale Regulierung von Nanomaterialien

Georg Karlaganis, UNITAR Genf

Die Europäische Union hat seit 2020 in mehreren Anhängen der REACH-Verordnung strenge Registrierungsanforderungen für Nanomaterialien aufgenommen.

Die Schweiz setzt auf Eigenverantwortung der Industrie.

Seit der letzten «Nano-Ausgabe» des OEKO-SKOP im Jahr 2012 ist viel passiert, in der Nano-Forschung, in der industriellen Anwendung und auch in der Nanoregulierung in Industrieländern. Dieser Artikel soll einen kurzen Überblick über die Regulierung von Nanomaterialien in der Schweiz und in der Europäischen Union (EU) geben sowie über Nanoprojekte bei UNO-Organisationen. Ein Teil dieses Beitrages wurde bereits 2019 in Englisch publiziert und ist «open access» zugänglich.<sup>1</sup>

Synthetische Nanomaterialien (manufactured nanomaterials) kennen keine Grenzen. Beispiel: Nanopartikel werden in Kunststoffen und in Elektronik eingebaut und gehen von Firma zu Firma mehrfach über die Grenze, bevor die Nanopartikel immobilisiert als Bestandteil in ein Auto eingebaut werden. Aus diesem Grund macht es Sinn, Nanoregulierungen gemeinsam mit anderen Ländern in einem regionalen oder globalen Kontext zu entwickeln.

### Internationale Nanoforschung

Die Ausgaben für die öffentliche Forschung haben weltweit ein Niveau von mehreren

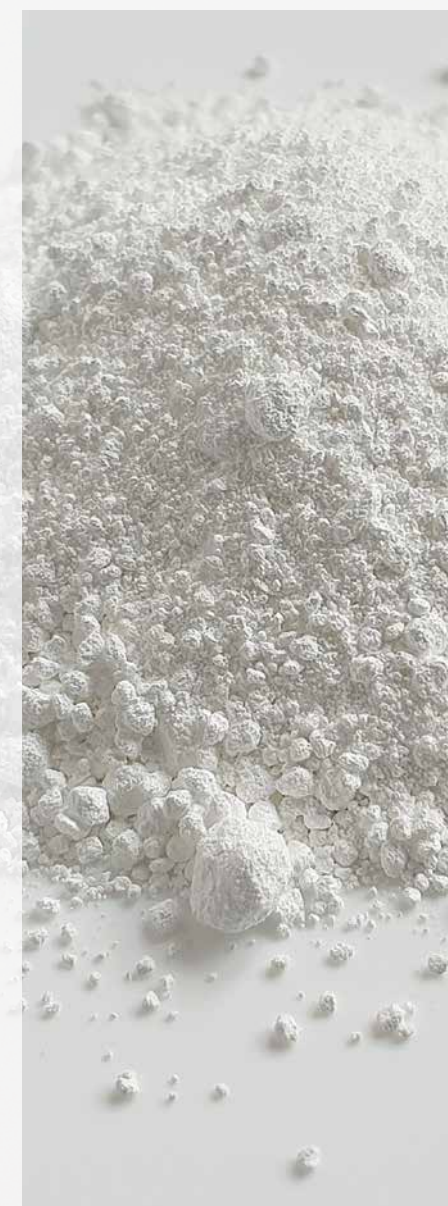
<sup>1</sup> Karlaganis, G., Liechti, R., Teparkum, S., Aungkavattana, P. und Indaraprasit, R. 2019. Nanoregulation along the product life cycle in the EU, Switzerland, Thailand, the USA, and intergovernmental organisations, and its compatibility with WTO law, Toxicological & Environmental Chemistry, 101:7–8, 339–368, DOI:10.1080/02772248.2019.1697878; open access <https://doi.org/10.1080/02772248.2019.1697878>

<sup>2</sup> <https://www.nanosafetycluster.eu>

<sup>3</sup> [www.oecd.org/env/ehs/nanosafety](http://www.oecd.org/env/ehs/nanosafety)

<sup>4</sup> Gehr, P. 2017. NRP64. Opportunities and Risks of Nanomaterials: Results, Outcome and Perspectives – Final Brochure.

<sup>5</sup> Empfehlung der EU-Kommission vom 18. Oktober 2011 zur Definition von Nanomaterialien (Text von Bedeutung für den EWR) (2011/696/EU), Amtsblatt der Europäischen Union, L 275/38, 20.10.2011.



Titandioxid-Pulver.

© iStockphoto

Milliarden Euro erreicht; die Ausgaben des privaten Sektors sind sogar höher als die des Staates. Forscher sind fasziniert von den einzigartigen physikalisch-chemischen Eigenschaften von Nanomaterialien. Da einige Regierungen und Versicherungsgesellschaften über negative Nebenwirkungen auf die Gesundheit und Sicherheit der Umwelt besorgt sind, wurden in geringem Umfang auch Forschungsstudien über die Sicherheit von Nanomaterialien durchgeführt z. B. das EU NANoREG-Projekt (bis 2017) und viele andere Forschungsprogramme zur Nanosicherheit, auch im Zusammenhang mit Horizont 2020.<sup>2</sup>

Seit 2006 untersucht das OECD-Umweltdirektorat die Sicherheit hergestellter Nanomaterialien, insbesondere ob ihre Chemikalienprüfrichtlinien auch auf die Prüfung von hergestellten Nanomaterialien angewendet werden können.<sup>3</sup>

Der Schweizerische Nationalfonds wurde vom Schweizerischen Bundesrat mit der Durchführung des Nationalen Forschungsprogramms NFP 64 «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» beauftragt (vgl. Beitrag Scherer, S. 11). Mit einer Gesamtfinanzierung von 12 Millionen Franken haben zwischen 2010 und 2015 23 Forschungsgruppen aus der ganzen Schweiz die grossen Chancen und möglichen Risiken von Nanomaterialien in den verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus untersucht.<sup>4</sup>

### EU-Definition von Nanomaterial

Die Europäische Kommission hat für die rechtliche Definition von Nanomaterial folgende Empfehlung abgegeben:<sup>5</sup>

1. Die Mitgliedstaaten, die EU-Agenturen

<sup>3</sup> Die BUND-Broschüre gibt hier weitere Informationen zu Lithium-Luft- bzw. Lithium-Schwefel-Batterien sowie zu gedruckten Batterien, Superkondensatoren und über die Wasserstoffspeicherung.

<sup>4</sup> In der BUND-Broschüre folgt hier noch ein Abschnitt über die Beleuchtung.



und die Wirtschaftsteilnehmer werden aufgefordert, bei der Annahme und Durchführung von Rechtsvorschriften und Politik- und Forschungsprogrammen, die Produkte von Nanotechnologien betreffen, die nachstehende Definition von «Nanomaterial» zu verwenden.

2. «Nanomaterial» ist ein natürliches, bei Prozessen anfallendes oder hergestelltes Material, das Partikel in ungebundenem Zustand, als Aggregat oder als Agglomerat enthält, und bei dem mindestens 50 % der Partikel in der Anzahlgrößenverteilung ein oder mehrere Aussenmasse im Bereich von 1 nm [Nanometer] bis 100 nm haben. In besonderen Fällen kann der Schwellenwert von 50 % für die Anzahlgrößenverteilung durch einen Schwellenwert zwischen 1 % und 50 % ersetzt werden, wenn Umwelt-, Gesundheits-, Sicherheits- oder Wettbewerbsbetrachtungen dies rechtfertigen.
3. Abweichend von Nummer 2 sind Fullerene, Graphenflocken und einwandige Kohlenstoff-Nanoröhren mit einem oder mehreren Außenmassen unter 1 nm als Nanomaterialien zu betrachten.

Nanospezifische Regulierung in der EU

Am 3. Dezember 2018 hat die EU in mehreren Anhängen der REACH Verordnung strenge Nano Bestimmungen aufgenommen, diese sind seit dem 1. Januar 2020 in Kraft.<sup>6</sup> Die Änderungen betreffen Registrierungsanforderungen von REACH in Bezug auf Nanomaterialien. Die Europäische Chemikalienagentur ECHA in Helsinki hat viele Leitlinien für die nach REACH erforderlichen Informationen über Stoffeigenschaften, Exposition, Verwendungen und Risikomanagementmaßnahmen im Rahmen der Stoff-sicherheitsbeurteilung beschrieben.<sup>7</sup> Neun Leitlinien betreffen Nanomaterialien.<sup>8</sup>

Eine Inhaltskennzeichnung (Label) ist für Biozidprodukte<sup>9</sup>, kosmetische Produkte<sup>10</sup>, neuartige Lebensmittel und Lebensmittel-

zusatzstoffe erforderlich. Stand November 2019 werden in der EU keine absichtlich hergestellten Nanomaterialien gemäss Definition als Lebensmittelzusätze eingesetzt und daher gibt es auch keine mit «Nano» gekennzeichneten Lebensmittel.<sup>11</sup>

Nanoregulierung in der Schweiz

Die Definition von Nanomaterialien ist in der Schweiz fast identisch mit jener in der EU.<sup>12</sup> Mit Ausnahme der Arzneimittel, hier gilt der Nanobereich bis 1000 nm.

Gemäss Art. 5 der Chemikalienverordnung (ChemV, SR 813.11) müssen die Hersteller im Rahmen der Selbstkontrolle das Risiko von Stoffen und Formulierungen für die menschliche Gesundheit und das Ökosystem auf der Grundlage vorhandener Daten bewerten. Für Altstoffe (Stoffe, die im Europäischen Altstoffverzeichnis EINECS aufgeführt sind) gibt es keine Datenanforderungen. Dies gilt sowohl für nicht-nanoskalige wie auch für nanoskalige Stoffe.

Meldepflicht von neuen Chemikalien

Die Hersteller müssen den Behörden Daten zur Toxizität und zum Verbleib von nicht-nanoskaligen Stoffen wie auch von Nanomaterialien liefern. Dies bei Mengen über einer Tonne pro Jahr.

Seit 2012 enthält die ChemV in den Artikeln 48 und 49 eine Meldepflicht für Stoffe und Zubereitungen, die Nanomaterialien enthalten. Diese gilt nur für Stoffe und Zubereitungen, die nach GHS<sup>13</sup> als gefährlich eingestuft sind. Das heisst für persistente, bioakkumulierende und toxische Stoffe (PBT) oder für sehr persistente und sehr bioakkumulierende Stoffe (vPvB) sowie für spezielle Stoffe, die in der ChemV aufgeführt sind. Die HerstellerInnen der Stoffe und Zubereitungen müssen diese innerhalb von drei Monaten nach dem erstmaligen Inverkehrbringen bei der Anmeldestelle registrieren lassen. Das Registrierungs-gesuch muss zwingend folgende Angaben



Nanopartikel aus Titandioxid (3D-Illustration).

© iStockphoto

enthalten: Zusammensetzung, Teilchenform und mittlere Teilchengrösse. Ausserdem, soweit vorhanden, die Teilchengrößenverteilung, die volumenbezogene spezifische Oberfläche, die Kristallstruktur, den Aggregatzustand, die Oberflächenbeschichtung und die Oberflächenfunktionalisierung.

Obligatorisch ist auch die Meldung von biopersistenten Nanopartikeln mit hohem Aspektverhältnis (HARNs), das heisst von Nanoröhren und Nanofasern mit einer Länge über 5 Mikrometern. Das Aspektverhältnis beschreibt das Verhältnis von Länge zu Breite eines Partikels .

Deklaration

Das geltende Schweizer Recht sieht keine speziellen Deklarationspflichten für Nano-

materialien vor, mit Ausnahme für Biozidprodukte<sup>14</sup>, Kosmetika<sup>15</sup> und Lebensmittel. Für letztere tritt ab 2021 eine neue Deklarationspflicht in Kraft (vgl. Beitrag Rothen, S. 15).

Sichere Handhabung

Seit 2008 hat die Schweizer Regierung eine Reihe von Leitfäden für den sicheren Umgang mit Nanomaterialien veröffentlicht. Sie helfen, die möglichen Risiken von Nanomaterialien zu identifizieren und wichtige Sicherheitsinformationen entlang der gesamten Produktions- und Lieferkette zu vermitteln. Verfügbar sind Leitfäden zu den Themen Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (SUVA 2012, 2018), «Vorsorgeraster», Sicherheitsdatenblatt, Entsorgung industrieller Nanoabfälle und Verhütung von schweren Unfällen.

Vorsorgeraster für synthetische Nanomaterialien

Das Vorsorgeraster ist ein freiwilliges Hilfsmittel und soll Industrie, Handel, Gewerbe, Behörden, Versicherungen und Forschungslabors, die eine Verantwortung für die Sicherheit von Arbeitnehmenden, Verbrauchern oder der Umwelt tragen, bei der Vorabklärung eines allfälligen Handlungsbedarfs unterstützen.<sup>16</sup> Das Raster ist ein Punktesystem, welches von der Schweiz entwickelt wurde. Es erlaubt eine erste Risikoabschätzung für Gesundheit und Umwelt aufgrund des aktuellen Wissensstands und zeigt auf, wann weitergehende Abklärungen nötig sind.

Globale Zusammenarbeit

Verschiedene internationale Regierungsorganisationen unterhalten Projekte, um die Sicherheit von Nanomaterialien in Entwicklungsländern zu fördern, so die OECD<sup>17</sup>, UNITAR<sup>18</sup>, WHO<sup>19</sup>, Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung<sup>20</sup> und der «Strategic Approach to International Chemicals

<sup>6</sup> Verordnung (EU) 2018/1881 der Kommission vom 3. Dezember 2018 zur Änderung der Anhänge I, III, VI, VII, VIII, IX, X, XI und XII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) zwecks Berücksichtigung der Nanoformen von Stoffen. (Text von Bedeutung für den EWR), Amtsblatt der EU L308/1.

<sup>7</sup> <https://echa.europa.eu/de/guidance-documents/guidance-on-information-requirements-and-chemical-safety-assessment>

<sup>8</sup> Appendix for nanoforms applicable to the Guidance on Registration and Substance Identification, 1.0 Dec 2019, [https://echa.europa.eu/documents/10162/13655/how\\_to\\_register\\_nano\\_en.pdf](https://echa.europa.eu/documents/10162/13655/how_to_register_nano_en.pdf)

<sup>9</sup> <https://echa.europa.eu/regulations/nanomaterials-under-bpr>

<sup>10</sup> <https://euon.echa.europa.eu/de/cosmetics>

<sup>11</sup> DaNa 2.0 <https://www.nanopartikel.info/noinfo/querschnittsthemen/2785-nanomaterialien-in-lebensmitteln>

<sup>12</sup> <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie.html>

<sup>13</sup> GHS ist ein weltweites System zur Vereinheitlichung und Harmonisierung der Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien ([www.chemie.de](http://www.chemie.de)).

<sup>14</sup> Verordnung über das Inverkehrbringen von und den Umgang mit Biozidprodukten VBP, SR 813.12

<sup>15</sup> Verordnung des EDI über kosmetische Mittel VKos, SR 817.023.31

<sup>16</sup> <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie/sicherer-umgang-mit-nanomaterialien/vorsorgeraster-nanomaterialien-downloadversion.html>

<sup>17</sup> <https://www.oecd.org/science/nanosafety/>

<sup>18</sup> <https://unitar.org/sustainable-development-goals/planet/our-portfolio/nanotechnology>

<sup>19</sup> [https://www.who.int/occupational\\_health/topics/nanotechnologies/en/](https://www.who.int/occupational_health/topics/nanotechnologies/en/)

<sup>20</sup> <http://www.basel.int/Implementation/WasteContaining-nanomaterials/Overview/tabid/7619/Default.aspx>





Eine Nanoglasur soll das Auto «selbstreinigend» oder mindestens schmutzabstossend machen.

© 123rf

Management (SAICM)<sup>21</sup>. Es handelt sich um einen Multi-Stakeholder- (Regierungen, IGOs, NGOs, Industrie) und multisektoralen (Umwelt, Gesundheit, Arbeitssicherheit) Ansatz. Das übergeordnete Ziel von SAICM ist das Erreichen eines soliden Managements von Chemikalien während ihres gesamten Lebenszyklus. SAICM ist eine ideale Plattform für die Diskussion über die Sicherheit von Nanomaterialien, da sie auch freiwillige Initiativen abdeckt und alle Interessengruppen einbezieht

#### Ausblick

Die Ansätze der Nanoregulierung in der Schweiz und in der EU sind verschieden.

Die Schweiz setzt auf die Eigenverantwortung der Hersteller und Importeure. Die Verantwortung und Haftung für das korrekte Inverkehrbringen der meisten chemischen Produkte liegt allein bei den betreffenden HerstellerInnen. Es gilt das Prinzip der Selbstkontrolle<sup>22</sup>, es gibt keine vorgängigen behördlichen Kontrollen. Die Schweiz unterscheidet zwischen Neustoffen und Altstoffen, letztere sind nur wenig geregelt. Die Mitarbeitenden der Bundesämter für Umwelt BAFU, für Gesundheit BAG und des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO leisten eine Herkulesarbeit, um den autonomen Nachvollzug des EU-Chemikalienrechts zu gewährleisten. Im Gegensatz zu den ebenfalls Nicht-EU-Staaten Liechtenstein und Norwegen nimmt die Schweiz jedoch nicht am REACH-System teil, das von der Europäischen Chemikalienagentur ECHA mit 600 Mitarbeitenden<sup>23</sup> in Helsinki vollzogen wird.

Hätte die Schweiz ein REACH-Chemikalienabkommen, könnte die Nanosicherheit noch weiter verbessert werden. Voraussetzung für ein neues Chemikalienabkommen wäre ein neues Institutionelles Rahmenabkommen mit der EU. Der Bundesrat will mit einem solchen Abkommen den bewährten bilateralen Weg mit der EU auf eine langfristige, solide Basis stellen und den Weg zu dessen Weiterentwicklung frei machen.<sup>24</sup>

**Dr. Georg Karlaganis** hat an der ETH Zürich Chemie studiert und doktoriert. Er habilitierte an der klinischen Pharmakologie der Uni Bern. Während 22 Jahren leitete er eine Abteilung am Bundesamt für Umwelt BAFU. Heute ist er Senior Advisor am «UN Institute for Training and Research» UNITAR in Genf.  
[georg.karlaganis@unitar.org](mailto:georg.karlaganis@unitar.org)  
[www.unitar.org](http://www.unitar.org)

# Terminkärtchen und Rezeptblätter für Mitglieder: Jetzt bestellen!



#### Liebe Mitglieder

Sie haben bereits Tradition und viele von Ihnen verwenden sie: unsere Terminkärtchen und Rezeptblätter. Wir geben viermal jährlich Sammelbestellungen auf.

**Jetzt oder bis spätestens 31. Januar 2021 bestellen für die Lieferung Mitte Februar 2021.** Mindestbestellmenge pro Sorte: 1000 Stk.

**Preise** Terminkärtchen: 1000 Stk. CHF 200.-; je weitere 500 Stk. CHF 50.-  
 Rezeptblätter: 1000 Stk. CHF 110.-; je weitere 500 Stk. CHF 30.-  
 Zusätzlich Porto und Verpackung. Musterkärtchen: [www.aefu.ch](http://www.aefu.ch)

## Bestell-Talon

Einsenden an: Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz,  
 Postfach 620, 4019 Basel, Fax 061 383 80 49

#### Ich bestelle:

- \_\_\_\_\_ Terminkärtchen «Leben in Bewegung»
- \_\_\_\_\_ Terminkärtchen «Luft ist Leben!»
- \_\_\_\_\_ Terminkärtchen «für weniger Elektromog»
- \_\_\_\_\_ Rezeptblätter mit AefU-Logo

Folgende Adresse à 5 Zeilen soll eingedruckt werden (max. 6 Zeilen möglich):

Name / Praxis \_\_\_\_\_

Bezeichnung, SpezialistIn für... \_\_\_\_\_

Strasse und Nr. \_\_\_\_\_

Postleitzahl / Ort \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

KSK.Nr.: \_\_\_\_\_

EAN-Nr.: \_\_\_\_\_

Ort / Datum: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Dr. med. Petra Muster-Güttig  
 Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH  
 Beispielstrasse 345  
 CH-6789 Hiweils  
 Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ  
 MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT  
 MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: \_\_\_\_\_

Im Verleumdungsfall bitte 24 Std. vorher beschriften

|            | Datum | Zeit  |
|------------|-------|-------|
| Montag     | _____ | _____ |
| Dienstag   | _____ | _____ |
| Mittwoch   | _____ | _____ |
| Donnerstag | _____ | _____ |
| Freitag    | _____ | _____ |
| Samstag    | _____ | _____ |

**Leben in Bewegung**  
 Rückseite beachten!

 **Das beste Rezept für Ihre Gesundheit und eine intakte Umwelt!**

Bewegen Sie sich eine halbe Stunde im Tag: zu Fuss oder mit dem Velo auf dem Weg zur Arbeit, zum Einkaufen, in der Freizeit.

So können Sie Ihr Risiko vor Herzinfarkt, hohem Blutdruck, Zuckerkrankheit, Schlaganfall, Darmkrebs, Osteoporose und vielem mehr wirksam verkleinern und die Umwelt schützen.

**Eine Empfehlung für Ihre Gesundheit**

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz  
 Postfach 620, 4019 Basel  
 Tel. 061 322 49 49 [www.aefu.ch](http://www.aefu.ch), [info@aefu.ch](mailto:info@aefu.ch)

Dr. med. Petra Muster-Güttig  
 Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH  
 Beispielstrasse 345  
 CH-6789 Hiweils  
 Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ  
 MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT  
 MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: \_\_\_\_\_

Im Verleumdungsfall bitte 24 Std. vorher beschriften

|            | Datum | Zeit  |
|------------|-------|-------|
| Montag     | _____ | _____ |
| Dienstag   | _____ | _____ |
| Mittwoch   | _____ | _____ |
| Donnerstag | _____ | _____ |
| Freitag    | _____ | _____ |
| Samstag    | _____ | _____ |

**Luft ist Leben!**  
 Rückseite beachten!

 **Stopp dem Feinstaub! (PM 10)**

**Feinstaub** macht krank  
**Feinstaub** setzt sich in der Lunge fest  
**Feinstaub** entsteht vor allem durch den motorisierten Verkehr

Zu Fuss, mit dem Velo oder öffentlichen Verkehr unterwegs: Ihr Beitrag für gesunde Luft!

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz  
 Postfach 620, 4019 Basel

Dr. med. Petra Muster-Güttig  
 Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH  
 Beispielstrasse 345  
 CH-6789 Hiweils  
 Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ  
 MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT  
 MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: \_\_\_\_\_

Im Verleumdungsfall bitte 24 Std. vorher beschriften

|            | Datum | Zeit  |
|------------|-------|-------|
| Montag     | _____ | _____ |
| Dienstag   | _____ | _____ |
| Mittwoch   | _____ | _____ |
| Donnerstag | _____ | _____ |
| Freitag    | _____ | _____ |
| Samstag    | _____ | _____ |

**für weniger Elektromog**  
 Rückseite beachten!

**Weniger Elektromog beim Telefonieren und Surfen**

- ☺ Festnetz und Schnurtelefon
- ☺ Internetzugang übers Kabel
- ☺ nur kurz am Handy – SMS bevorzugt
- ☺ strahlenarmes Handy
- ☺ Head-Set
- ☺ Handy für Kinder erst ab 12

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz  
 Postfach 620, 4019 Basel  
 Tel. 061 322 49 49  
[info@aefu.ch](mailto:info@aefu.ch)  
[www.aefu.ch](http://www.aefu.ch)

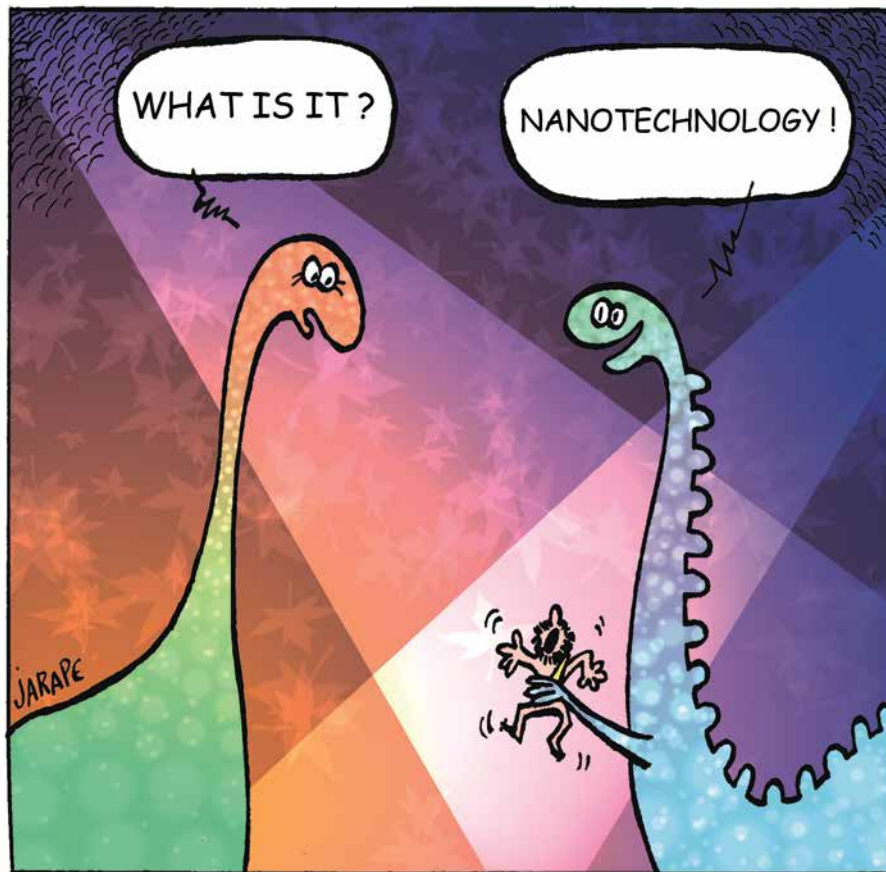
<sup>21</sup> <http://www.saicm.org/Implementation/EmergingPolicyIssues/Nanotechnology/tabid/5475/Default.aspx>

<sup>22</sup> Art. 26 Umweltschutzgesetz USG (SR 814.01).

<sup>23</sup> [https://echa.europa.eu/documents/10162/13550/this\\_is\\_echa\\_en.pdf/fd62ae88-bfbb-7bf4-a3c5-acd9a78e3096](https://echa.europa.eu/documents/10162/13550/this_is_echa_en.pdf/fd62ae88-bfbb-7bf4-a3c5-acd9a78e3096)

<sup>24</sup> [www.eda.admin.ch](http://www.eda.admin.ch)





© Jarape

oekoskop

ÄRZTINNEN  
UND ÄRZTE FÜR  
UMWELTSCHUTZ  
MEDECINS EN FAVEUR DE  
L'ENVIRONNEMENT  
MEDICI PER  
L'AMBIENTE



Fachzeitschrift der Ärztinnen und  
Ärzte für Umweltschutz (AefU)

Postfach 620, 4019 Basel, PC 40-19771-2

Telefon 061 322 49 49

Telefax 061 383 80 49

E-Mail [info@aefu.ch](mailto:info@aefu.ch)

Homepage [www.aefu.ch](http://www.aefu.ch)

## Impressum

### Redaktion:

- Stephanie Fuchs, leitende Redaktorin  
AefU, Postfach 620, 4019 Basel, [oekoskop@aefu.ch](mailto:oekoskop@aefu.ch)
- Dr. Martin Forter, Redaktor/Geschäftsführer AefU, Postfach 620, 4019 Basel

**Papier:** 100% Recycling

**Artwork:** christoph-heer.ch

**Druck/Versand:** Grempel AG, Basel/Pratteln

**Abo:** CHF 40.- / erscheint viermal jährlich > auch für NichtmedizinerInnen

Die veröffentlichten Beiträge widerspiegeln die Meinung der VerfasserInnen und decken sich nicht notwendigerweise mit der Ansicht der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU). Die Redaktion behält sich Kürzungen der Manuskripte vor. © AefU

AZB  
CH-4019 Basel  
P.P. / Journal

**DIE POST**

Adressänderungen: Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU), Postfach 620, 4019 Basel