

**NanoDialog**  
der Bundesregierung

## **Ermittlung und Kommunikation von Risiken durch Nanomaterialien - einfach erklärt**

1. November 2018

Autoren: Antonia Reihlen, Dirk Jepsen

Impressum:

ÖKOPOL GmbH  
Institut für Ökologie und Politik

Nernstweg 32–34  
D – 22765 Hamburg

[www.oekopol.de](http://www.oekopol.de)  
[info@oekopol.de](mailto:info@oekopol.de)

Tel.: ++ 49-40-39 100 2 0  
Fax: ++ 49-40-39 100 2 33

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Was sind Chemikalien und was sind Nanomaterialien?</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Wann sind Chemikalien „problematisch“?</b> .....	<b>7</b>
3.1	<i>Was ist ein Risiko?</i> .....	7
3.2	<i>Was bedeutet Gefährlichkeit?</i> .....	8
3.2.1	Was sind schädliche Wirkungen? .....	8
3.2.2	Wie werden schädliche Wirkungen ermittelt? .....	10
3.2.3	Wie werden die Testergebnisse beurteilt und kommuniziert? .....	11
3.3	<i>Wie kommen Mensch und Umwelt in Kontakt mit Chemikalien?</i> .....	12
3.4	<i>Wie werden Chemikalien aufgenommen?</i> .....	12
3.5	<i>Woher weiß man, wie hoch die Exposition ist?</i> .....	14
3.6	<i>Risikobewertung</i> .....	15
<b>4</b>	<b>Wer muss die Risiken bewerten?</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Was gibt es bei Nanomaterialien zu beachten?</b> .....	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Weitergehende Informationen</b> .....	<b>17</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Stoffe und Nanomaterialien (Quelle: Ökopol GmbH) .....	6
Abbildung 2:	Gefährlichkeit und Exposition (Quelle: Ökopol GmbH, DHI und Helle Simon Elbro).....	8
Abbildung 3:	Ermittlung der Wirkung von Stoffen auf die Umwelt (Quelle: Ökopol GmbH, DHI und Helle Simon Elbro) .....	10
Abbildung 4:	Schritte der Einstufung und Kennzeichnung (Quelle: Ökopol GmbH) .....	11
Abbildung 5:	Expositionspfade des Menschen (Quelle: Ökopol GmbH, DHI und Helle Simon Elbro) .	13
Abbildung 6:	Expositionspfade der Umwelt (Quelle: Ökopol GmbH, DHI und Helle Simon Elbro).....	13

## 1 Einleitung

Seit 2006 diskutieren im NanoDialog der Bundesregierung Unternehmen, Behörden, zivilgesellschaftliche Organisationen und die Wissenschaft über verschiedenste Aspekte einer nachhaltigen Verwendung von Nanomaterialien. Seit Anbeginn dieses Dialogs wird festgestellt, dass in der Öffentlichkeit kaum bekannt ist, wie die Eigenschaften von Nanomaterialien ermittelt und kommuniziert werden. Zudem sei der Unterschied zwischen den ggf. umwelt- und gesundheitsschädigenden Eigenschaften von Nanomaterialien und den durch ihre Verwendung möglicherweise entstehenden Risiken nicht bekannt. Diese Unterscheidung sei jedoch wichtig, um einschätzen zu können, ob die Verwendung spezieller Nanomaterialien aus gesellschaftlicher Sicht „problematisch“ ist oder nicht.

Nanomaterialien sind spezielle Chemikalien und werden von der gleichen Gesetzgebung reguliert wie die übrigen Chemikalien. Sie haben jedoch einige besondere Eigenschaften, die zu Unterschieden darin führen können, wie die Gesetzgebung in der Praxis umgesetzt wird.

Dieser Bericht erklärt kurz und einfach:

- was Chemikalien und Nanomaterialien sind;
- wie ermittelt wird, ob diese gefährliche Eigenschaften haben und welche Besonderheiten sich für Nanomaterialien ergeben und
- wie beurteilt wird, welche Risiken durch die Verwendung von Chemikalien, inkl. Nanomaterialien entstehen können.

Der Kürze und Verständlichkeit wegen, sind die Sachverhalte teilweise verkürzt wiedergegeben und es wurde auf die Erläuterung von Ausnahmen, Besonderheiten und Details verzichtet. Im letzten Kapitel werden Links zu weitergehenden Informationsquellen aufgeführt, welche den Leserinnen und Lesern die Möglichkeit geben, sich weiter zu informieren.

## 2 Was sind Chemikalien und was sind Nanomaterialien?

Unter dem Begriff **Chemikalien** werden Stoffe und daraus hergestellte Gemische zusammengefasst:<sup>1</sup>

- **Stoffe** sind definierte, chemische Substanzen. Sie kommen natürlich vor, z. B. Sauerstoff, Eisen, Kochsalz oder Zitronensäure und/oder werden gezielt durch biologische oder chemische Verfahren hergestellt, wie z. B. Terpentin, PVC<sup>2</sup> oder Nylon. In der EU müssen alle Stoffe vor der Vermarktung bei der europäischen Chemikalienagentur registriert werden und bekommen von dieser eine sog. EC-Nummer.
- **Gemische** sind chemische Produkte, die „absichtlich“ aus verschiedenen Stoffen zusammengemischt werden. Beispiele für Gemische sind Reinigungsmittel, Lacke, Schuhcreme und Kosmetika.

Stoffe und Gemische können verschiedene sog. Aggregatzustände einnehmen:

- fest (Stoff: Kochsalz, Gemisch: Waschpulver),
- flüssig (Stoff: Essigsäure, Gemisch: Spülmittel) oder
- gasförmig (Stoff: Helium, Gemisch: Asthmaspray).

**Nanomaterialien** sind Stoffe, die im Aggregatzustand „fest“ vorliegen und in mindestens einer Dimension zwischen 1 und 100 Nanometer (nm) messen, d. h. mehr als 1 und weniger als 100 nm lang, dick und/oder breit sind. Man spricht hierbei auch von „nanoskalig“. Nanomaterialien können die Form von Kugeln (3 Dimensionen nanoskalig), Fasern (2 Dimensionen nanoskalig) oder Plättchen (1 Dimension nanoskalig) annehmen. Ein Nanometer ist ein Millionstel Millimeter, d. h. 0,000001 mm. Zum Vergleich: 1 nm ist so viel wie ein Tausendstel der Dicke eines Haares; DNA hat einen Durchmesser von ca. 1 nm und Viren haben eine Größe von ca. 30-50 nm.

Nanomaterialien werden deshalb hergestellt, weil sie im Vergleich zu bereits verwendeten Chemikalien neuartige oder verbesserte Eigenschaften haben, die technisch genutzt werden können:

- Durch die geringe Größe haben Nanomaterialien im Verhältnis zum Volumen eine sehr große Oberfläche. Dadurch reagieren sie oft schneller und/oder stärker als andere Chemikalien (erhöhte Reaktivität).
- Da sie Partikel sind, lösen sich Nanomaterialien nicht in Wasser und haften oft an Oberflächen.
- Bestimmte Nanomaterialien können besonders gut oder besonders schlecht

<sup>1</sup> Um Missverständnisse zu vermeiden, werden die im Chemikalienrecht (REACH-Verordnung ((EG) Nr. 1907/2006), Art. 3) definierten Begriffe „Stoff“ und „Gemisch“ verwendet.

<sup>2</sup> Polyvinylchlorid, ein Kunststoff.

Wärme oder Strom leiten oder werden optisch genutzt, z. B. in Leuchtdioden (LED).

- Bestimmte Nanomaterialien werden hergestellt und eingesetzt, weil sie gleichzeitig sehr fest, beständig und leicht sind.

Nanomaterialien sind also eine Untergruppe chemischer Stoffe, die sich dadurch auszeichnen, dass sie feste Teilchen und nanoskalig sind. Sie werden auch „Nanoformen“ genannt. Es ist also möglich, dass es von einer „Sorte“ Stoff mit einer definierten Zusammensetzung einen „großen“ sog. „makroskaligen“ Stoff gibt und – da Nanomaterialien verschiedene Formen und Größen haben können – mehrere Nanoformen. Der chemische Name des Stoffes ist aber in allen Fällen der gleiche. Abbildung 1 zeigt diese „Systematik“.

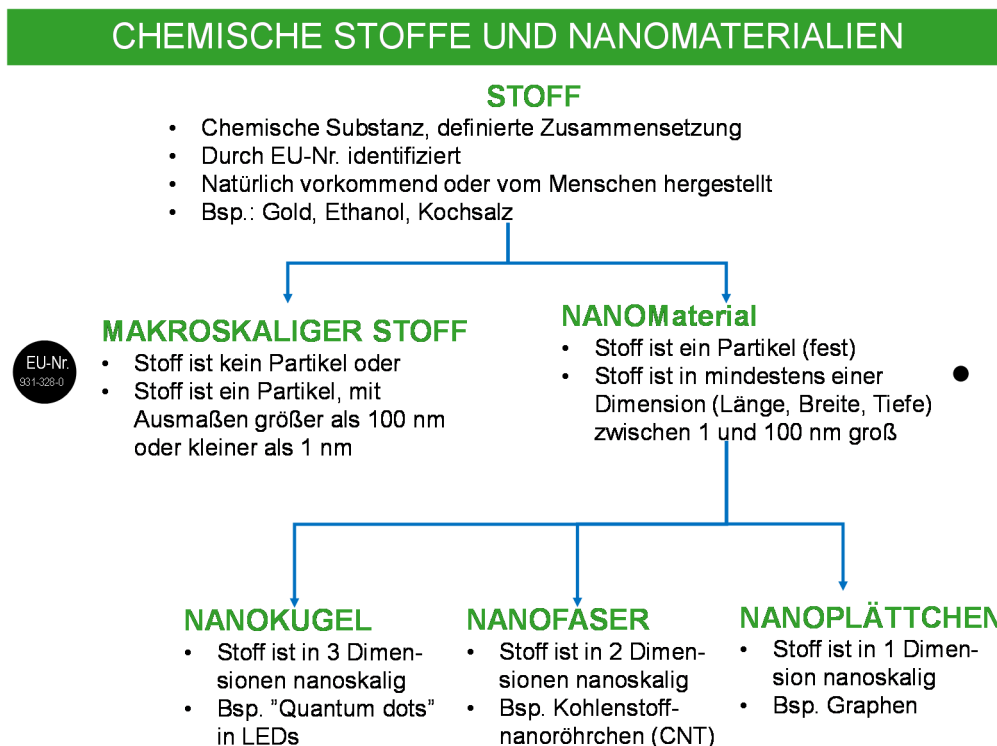


Abbildung 1: Stoffe und Nanomaterialien (Quelle: Ökopoll GmbH)

Ein Beispiel für einen Stoff, der in vielen Formen auftreten kann, ist Kohlenstoff:

- „Makroskalige“ Formen sind z. B. Graphit (Bleistiftminen) oder Diamant.
- Nanoskalig gibt es ihn in Kugeln (engl. „bucky balls“), Plättchen (Graphen) und Röhrchen (Kohlenstoffnanoröhrchen oder engl. carbon nano tubes = CNT).

Im Alltag gehen wir sowohl mit Stoffen und mit Gemischen, aber hauptsächlich mit **Erzeugnissen** um. Erzeugnisse unterscheiden sich von Chemikalien dadurch, dass ihre feste Form wichtiger ist als ihre chemische Zusammensetzung. Brauchen wir einen Tisch, so ist uns wichtig, dass wir eine große, waagerechte Fläche haben und ob diese aus Kunststoff, Holz oder Metall besteht, ist zweitrangig.

Erzeugnisse sind also keine Chemikalien, sie enthalten aber welche: So wird unsere Kleidung mit Färbemitteln gefärbt, unsere Autos werden mit Lacken geschützt und verschönert usw. Chemikalien können sich auf der Oberfläche der Erzeugnisse befinden oder im Material, aus dem die Erzeugnisse bestehen, enthalten sein. Zum Beispiel werden Phthalate in Kunststoffe integriert, um diese weich und flexibel zu machen. Diese Eigenschaft soll der Kunststoff lange behalten und deswegen sind die Phthalate relativ fest in das Material integriert. Sie können dennoch (langsam, aber stetig) aus dem Kunststoff entweichen und der Kunststoff verliert seine Flexibilität.<sup>3</sup>

### 3 Wann sind Chemikalien „problematisch“?

Diese Frage ist leider nicht einfach zu beantworten, da es Einiges zu beachten gibt. Im Zusammenhang mit Chemikalien bedeutet „problematisch“, dass entweder die Gesundheit oder die Umwelt geschädigt werden (können). Um zu beurteilen, ob ein Stoff schädigen kann, müssen zwei Aspekte betrachtet werden: die **Gefährlichkeit** des Stoffes und, ob Menschen oder die Umwelt mit dem Stoff in Kontakt kommen. Den zweiten Aspekt nennt man (mögliche) **Exposition**. Die Kombination von Gefährlichkeit und Exposition beschreibt das **Risiko** von Schäden durch die Verwendung eines Stoffes. Im Folgenden wird auf diese Aspekte näher eingegangen.

#### 3.1 Was ist ein Risiko?

Das **Risiko** – oder umgangssprachlich ausgedrückt, ob ein Stoff „problematisch“ ist – ist die Wahrscheinlichkeit, dass durch einen Stoff ein Schaden in der Umwelt und/oder der menschlichen Gesundheit entsteht.

Ein häufig zur Veranschaulichung des Risikobegriffs genutztes Beispiel ist der „**Löwe im Zoo**“: Es besteht kein Zweifel, dass ein Löwe Menschen verletzen kann (Gefährlichkeit), allerdings nur, wenn er aus seinem Käfig heraus kommt (Exposition). Da die Wahrscheinlichkeit, dass ein Löwe aus seinem Käfig entkommt, sehr gering ist, ist auch das Risiko durch einen Löwen im Zoo verletzt zu werden, gering. Bei einem Meerschweinchen ist das Risiko verletzt zu werden ebenfalls sehr gering, aber nicht, weil es aus seinem Gehege nicht entkommen kann, sondern weil es klein ist und

<sup>3</sup> Dies kann z. B. bei Gartenmöbeln beobachtet werden: Wenn sie neu sind, glänzen sie und sind biegsam. Weichmacher und Färbemittel werden dann durch die Sonne zerstört und den Regen ausgewaschen. Mit der Zeit verlieren die Gartenmöbel ihre Farbe und werden rau und spröde.

dem Menschen nicht gefährlich werden kann. Ähnlich verhält es sich mit Stoffen: Sie können genau dann schädigen, wenn sie (sehr) gefährliche Eigenschaften haben und wenn sie „frei“ sind.

Abbildung 2 zeigt diesen Zusammenhang: Links befindet sich die Chemikalie in der geschlossenen Flasche, rechts wird sie freigesetzt und die Person wird geschädigt (Schwindel).

Im Folgenden werden die beiden Aspekte Gefährlichkeit und Exposition weitergehend erklärt und beschrieben, wie sie für einen Stoff ermittelt werden.



Abbildung 2: Gefährlichkeit und Exposition  
(Quelle: Ökopol GmbH, DHI und Helle Simon Elbro)

## 3.2 Was bedeutet Gefährlichkeit?

### 3.2.1 Was sind schädliche Wirkungen?

Chemikalien können Mensch und Umwelt schädigen, indem sie biologische Strukturen oder Prozesse verändern. Manche Stoffe können Zellen oder ihre Bestandteile (z. B. DNA, Proteine) zerstören, andere sich an Zellstrukturen anlagern oder Hormone imitieren und dadurch die Steuerungsmechanismen durcheinanderbringen. All diese schädlichen Wirkungen werden auch als „adverse (entgegengesetzte) Effekte“ oder (öko-)toxische<sup>4</sup> Eigenschaften bezeichnet. Zusätzlich zu diesen, können auch die sog. physikalisch-chemischen Eigenschaften Gefahren bergen, z. B. Explosivität und Entflammbarkeit. Im Folgenden wird lediglich auf die (öko-)toxischen Wirkungen eingegangen.

Damit die Gefährlichkeit von Stoffen immer und von allen auf die gleiche Art und Weise ermittelt und beschrieben wird, wurde in der EU vor ca. 50 Jahren ein entsprechendes System<sup>5</sup> entwickelt, das im Wesentlichen auch heute noch verwendet wird.

<sup>4</sup> Giftige oder umweltgiftige Wirkung.

<sup>5</sup> Dieses System wurde in der EU Richtlinie über gefährliche Stoffe (RL 67/548/EWG) festgeschrieben. Seit 2008 gilt die EU Verordnung ((EG) Nr. 1272/2008), in der dieses System, mit leichten Veränderungen, weitergeführt wird und das in groben Zügen weltweit angewendet wird.



Die adversen Effekte sind in sog. Gefahrenklassen unterteilt, von denen die wichtigsten und am häufigsten vorkommenden die Folgenden sind:

- **Giftig:** Die für Vergiftungen typischen Symptome treten auf; oft gibt es keine bleibenden Schäden; Bsp. Ethanol (Alkohol).
- **Ätzend/reizend:** Haut, Augen oder die Atemwege werden zerstört oder (stark) irritiert; ätzende Stoffe verursachen oft bleibende Schäden, Reizungen können meist wieder heilen; Bsp. Essigsäure.
- **Sensibilisierend:** Ein Stoff löst eine allergische Reaktion aus; Bsp. Duftstoffe und Nickel.
- **Organschädigend:** Ein oder mehrere Organe, wie Leber oder Niere, werden geschädigt; die Schäden sind oft bleibend; Bsp. Tetrachlorkohlenstoff<sup>6</sup>.
- **Karzinogen:** Krebs kann ausgelöst oder das Krebswachstum beschleunigt werden; Bsp. Benzol<sup>7</sup>.
- **Mutagen:** Die DNA wird verändert bzw. mutiert. Mutationen können ggf. vom „Reparatursystem der Zellen“ rückgängig gemacht werden; Bsp. Nitrosamine<sup>8</sup>.
- **Reproduktionstoxisch:** Es werden zwei Effekte unterschieden,
  - der Verlust der Zeugungsfähigkeit; Bsp. Polychlorierte Biphenyle (PCB)<sup>9</sup> und die Gefahr, dass
  - Embryos geschädigt oder missgebildet werden oder sterben; Bsp. Ethanol (Alkohol).
- **Giftig** für Wasserorganismen: Wasserpflanzen oder -tiere werden getötet oder in ihrer Lebensfähigkeit eingeschränkt, Bsp. Aceton.

Diese Gefahrenklassen werden in Kategorien unterteilt, die sich entweder nach der Stärke der Wirkung unterscheiden (z. B. lebensgefährlich, giftig, gesundheitsschädlich) oder danach wie sicher eine Wirkung nachgewiesen ist („Kann eine Wirkung hervorrufen“ oder „Kann *vermutlich* eine Wirkung hervorrufen“).

Grundsätzlich geht man davon aus, dass **Nanomaterialien keine anderen schädlichen Wirkungen** haben (können) als „makroskalige“ Stoffe. Das heißt, die Einteilung in Gefahrenklassen und -kategorien ist auch für Nanomaterialien anwendbar.

---

<sup>6</sup> Tetrachlormethan wurde früher in chemischen Reinigungen eingesetzt. Aufgrund seiner organschädigenden Wirkung ist diese Anwendung heutzutage verboten.

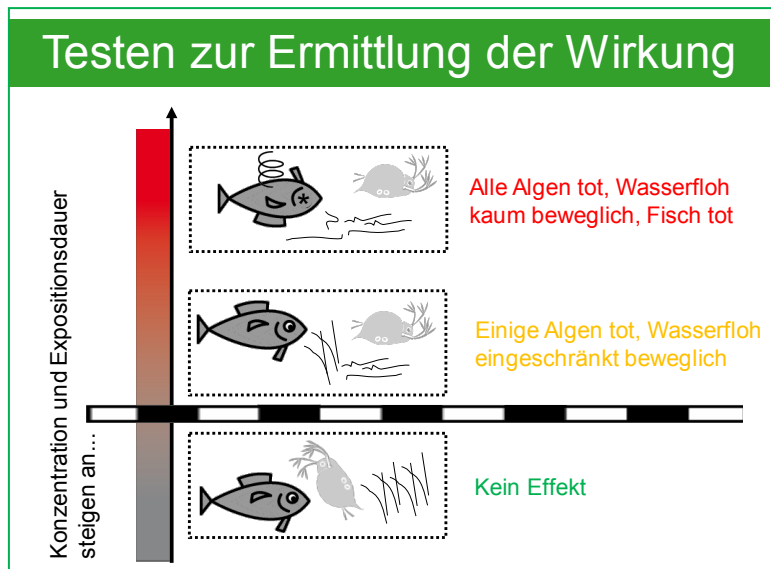
<sup>7</sup> Benzol ist ein Stoff, der u. a. in Benzin enthalten ist. Damit Menschen beim Tanken möglichst wenig Benzol einatmen, sind die Zapfstellen so ausgerüstet, dass möglichst wenig Benzol aus dem Tank entweichen kann.

<sup>8</sup> Nitrosamine können u. a. beim Erhitzen von Lebensmitteln entstehen. Der mögliche Gehalt an Nitrosaminen in Pommes Frites und Chips wird immer wieder in den Medien aufgegriffen. Diese Stoffe können sich an die basischen Bestandteile von DNA anlagern und sie dadurch verändern.

<sup>9</sup> PCBs wurden in der Vergangenheit aufgrund ihrer Beständigkeit in verschiedenen Anwendungen eingesetzt, insbesondere in Kondensatoren. Obwohl sie bereits seit langer Zeit und weltweit verboten sind, finden sie sich nach wie vor in der Umwelt und im Menschen, z. B. der Muttermilch.

### 3.2.2 Wie werden schädliche Wirkungen ermittelt?

Die Wirkungen von Chemikalien werden durch ihre **gefährlichen Eigenschaften** hervorgerufen und durch Tests ermittelt. Wie diese Tests von Laboren durchzuführen sind, ist in Prüfrichtlinien festgelegt, welche in der Organisation für Wirtschaftliche



Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) gemeinsam von Industrie, Behörden und Wissenschaft entwickelt werden. Werden die Tests gemäß Prüfrichtlinien durchgeführt, sind die Ergebnisse vergleichbar und werden weltweit als „verlässlich“ akzeptiert. Zudem wird so verhindert, dass Tests für einen Stoff mehrfach durchgeführt werden und Tiere unnötig leiden.

Abbildung 3: Ermittlung der Wirkung von Stoffen auf die Umwelt  
(Quelle: Ökopol GmbH, DHI und Helle Simon Elbro)

Grundsätzlich werden bei einem solchen Test Organismen, u. a. Bakterien, Algen, Fische und Ratten oder auch nur Teile eines Lebewesens, z. B. Zellen oder „Hautmodelle“ verwendet. Diese werden mit dem zu testenden Stoff in Kontakt gebracht (Fütterung, Hautkontakt, Atemluft etc.). Dann wird beobachtet, ob und wie sich der Zustand der (Teile der) Lebewesen verändert.

In der Regel werden mehrere Versuche mit unterschiedlichen Mengen des Stoffes durchgeführt, um zu sehen, wie sich die Wirkung mit der Dosis verändert. Aus der beobachteten Wirkung wird dann darauf geschlossen, wie der Stoff auf Mensch oder Umwelt wirken könnte (s. Kapitel 3.2.3).

Manchmal können die gefährlichen Eigenschaften von Stoffen aber auch ohne Tests ermittelt werden, u. a. durch den Einsatz von Computermodellen oder den Vergleich von Struktur und Eigenschaften ähnlicher Stoffe.

**Nanomaterialien werden** bezüglich ihrer gefährlichen Eigenschaften **mit den gleichen Tests untersucht** wie „makroskalige“ Stoffe. Allerdings wurden und werden einige Testvorschriften an die Besonderheiten von Nanomaterialien, wie ihre erhöhte Reaktivität und geringe Wasserlöslichkeit, angepasst.

### 3.2.3 Wie werden die Testergebnisse beurteilt und kommuniziert?

Da die Bedeutung der Testergebnisse für die meisten Menschen unverständlich ist, ist gesetzlich (vgl. Fußnote 5) definiert,

- bei welchen Testergebnissen welche Gefahrenklasse auf einen Stoff zutrifft
- und wie die Informationen zur Gefährlichkeit von Chemikalien zu kommunizieren sind.

Abbildung 4 zeigt die Schritte zur Einstufung und darauf folgenden Kennzeichnung.

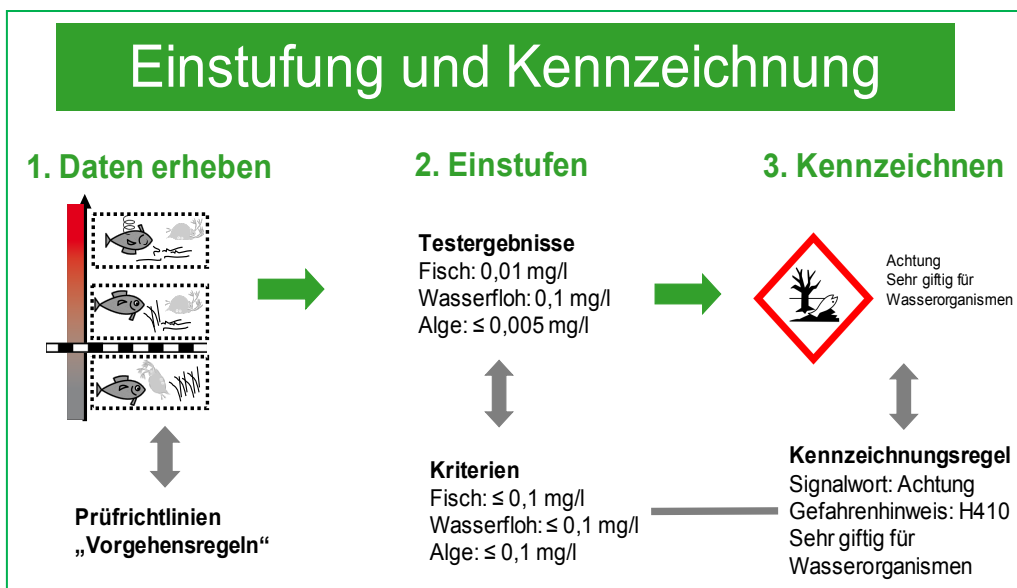


Abbildung 4: Schritte der Einstufung und Kennzeichnung (Quelle: Ökopol GmbH)

Die Zuordnung von Gefahrenklassen zu einem Stoff wird **Einstufung** genannt. Dabei werden die Testergebnisse mit den gesetzlich definierten Kriterien einer Gefahrenklasse verglichen. Erfüllt ein Stoff ein Kriterium<sup>10</sup>, wird er in die entsprechende Gefahrenklasse eingestuft. Erfüllt ein Stoff keines der Kriterien, gilt er als „nicht eingestuft“ (also nicht gefährlich) und die nächsten Schritte entfallen. Eine bestimmte Einstufung ist fest mit den Elementen der vorgeschriebenen Kommunikation der Gefährlichkeit verknüpft. Haben zwei Stoffe die gleiche gefährliche Eigenschaft, muss auch die gleiche (standardisierte) Information kommuniziert werden. Bei Verbraucherprodukten findet sich diese Information auf der Verpackung.

Die Kommunikation besteht aus drei Elementen: Einem **Piktogramm**, also einem „Bildchen“, einem sog. **Signalwort**, das über die Schwere einer Wirkung Auskunft gibt und einem **Gefahrenhinweis**, der die Art der schädlichen Wirkung beschreibt. Es gibt weniger Piktogramme und Signalwörter als Gefahrenkategorien, d. h. ein

<sup>10</sup> Zum Beispiel gilt ein Stoff als „ätzend für die Haut“, wenn spätestens 4 Stunden nach einem Kontakt bei mindestens einem von drei Versuchstieren die Haut bis in eine bestimmte Tiefe zerstört ist.

Piktogramm/Signalwort wird jeweils für unterschiedliche Wirkungen verwendet. Hingegen ist jeder Gefahrenhinweis eindeutig einer Gefahrenkategorie zugeordnet. Die Einstufung und Kennzeichnung kann als „Übersetzung“ von Testergebnissen in eine standardisierte Sprache über gefährliche Eigenschaften verstanden werden.

Das Verfahren und die Regeln der **Einstufung und Kennzeichnung gelten für Nanomaterialien** genauso wie für „makroskalige“ Stoffe. Da Nanomaterialien eine definierte Form und Größe haben, können sich ihre gefährlichen Eigenschaften, von denen der „makroskaligen“ Stoffe mit gleicher Zusammensetzung unterscheiden. Daher müssen sie auch eigenständig eingestuft und gekennzeichnet werden.

### 3.3 Wie kommen Mensch und Umwelt in Kontakt mit Chemikalien?

Alle kennen den Ausspruch von Paracelsus „die Dosis macht das Gift“, der verdeutlicht, dass die Aufnahmemenge den Grad der Schädigung häufig entscheidend mitbestimmt. Die „Dosis“ ist charakterisiert durch die **Expositionshöhe** (wie viel – Konzentration/ Menge), die **Expositionsdauer** (wie lange - lange/kurz) und die **Expositionshäufigkeit** (wie oft - einmalig/mehrfach).

Der Zusammenhang zwischen Dosis und Wirkung ist im Zusammenhang mit Alkohol allen bekannt: Wenig Alkohol führt kaum zu erkennbaren Wirkungen, größere Mengen schränken u. a. die Sinneswahrnehmungen und die Bewegungsfähigkeit ein, während sehr große Mengen akute Vergiftungen erzeugen. Der Konsum kleiner Alkoholmengen über lange Zeiträume kann die Leber und das Nervensystem schädigen. Alkoholkonsum in der Schwangerschaft kann das Ungeborene schädigen. Das Beispiel zeigt, dass sowohl die aufgenommene Menge als auch die Dauer der Exposition und teilweise sogar der Zeitpunkt (Schwangerschaft) einen Einfluss auf die Wirkung haben (können). In der Umwelt kann Alkohol in geringen Konzentrationen/Mengen als einfach zu verwertendes Futter dienen. Hohe Alkoholkonzentrationen wirken hingegen desinfizierend, töten also Mikroorganismen.

Diese sog. Dosis-Wirkungsbeziehungen existieren sowohl für „makroskalige“ Stoffe als auch für Nanomaterialien.

### 3.4 Wie werden Chemikalien aufgenommen?

Menschen können Stoffe auf drei Wegen aufnehmen: über Essen und Trinken (oral), über die Atemluft (inhalativ) und die Haut (dermal). Diese Wege werden auch Expositionspfade genannt. Die Expositionspfade sind am Beispiel von Lösemitteln in der Abbildung 5 grafisch dargestellt.

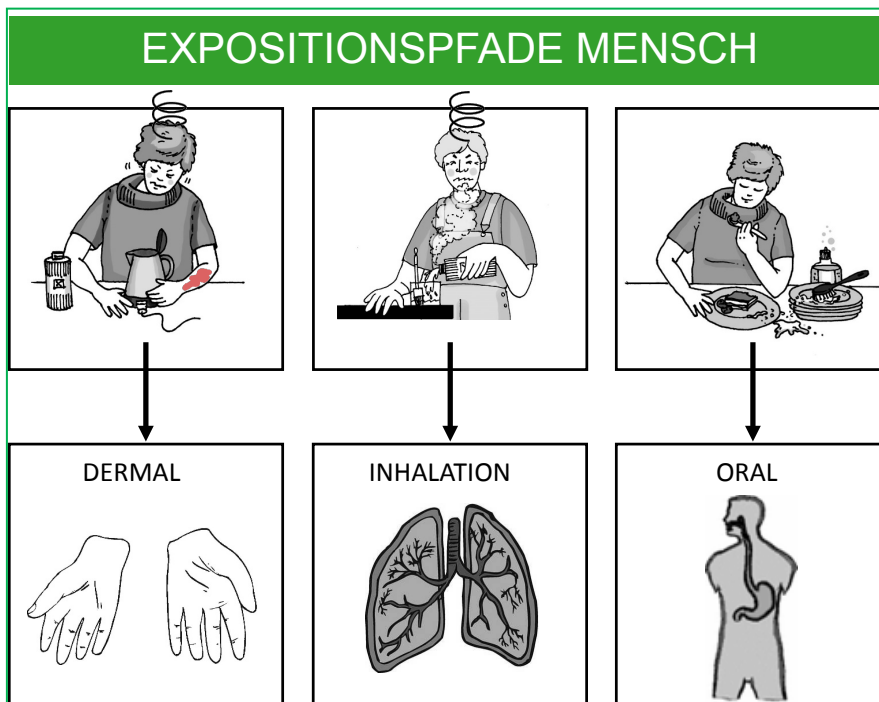
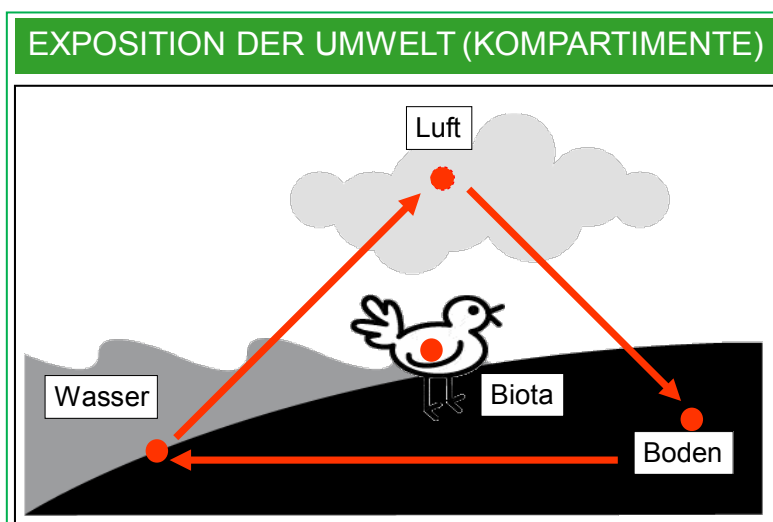


Abbildung 5: Expositionspfade des Menschen (Quelle: Ökopol GmbH, DHI und Helle Simon Elbro)

Lacke enthalten oft Lösemittel, die beim Öffnen der Lackdose zu riechen sind und über die Atmung aufgenommen werden. Zudem können Lackspritzer (inkl. Lösemittel) auf die Haut geraten, die eine dermale Exposition darstellen. Schädliche Wirkungen hierdurch können Schwindel und Übelkeit (Einatmen) und ausgetrocknete Haut sein. Es wird deutlich, dass auch die Expositionspfade die Wirkung einer Chemikalie beeinflussen können.



In Hinblick auf die Umwelt werden die Expositionspfade Luft, Wasser und Boden sowie die Lebewesen selbst (sog. Biota) auch als Kompartimente bezeichnet. Chemikalien verteilen sich im Laufe der Zeit zwischen diesen Kompartimenten und können sich auch in der Nahrungskette anreichern. So entstehen z. B. die hohen Belastungen von Fischen mit Schwermetallen.

Abbildung 6: Expositionspfade der Umwelt (Quelle: Ökopol GmbH, DHI und Helle Simon Elbro)

Bei Nanomaterialien gibt es in Bezug auf die Expositionsbetrachtung einige Besonderheiten. Manche Nanomaterialien können im Körper einige natürliche Barrieren (z. B. die sog. Blut-Hirn-Schranke) überwinden, durch die „makroskalige“ Stoffe nicht hindurch kommen. Einige Nanomaterialien können anders und schneller im Körper transportiert werden und z. B. über den Riechnerv ins Gehirn gelangen. Es gibt bisher zudem wenige Informationen darüber, wie Nanomaterialien im Körper abgebaut und/oder ausgeschieden werden. All diese Faktoren beeinflussen (auch) die Expositionshöhe und -dauer.

In der Umwelt verteilen sich Nanomaterialien ggf. anders als „makroskalige“ Stoffe, da sie aufgrund ihrer Partikeleigenschaft schwer wasserlöslich sind (also eher im Boden oder der Luft zu finden sind). Zudem ist unklar, ob und wie schnell sie in der Umwelt reagieren und somit in ihrer ursprünglichen Form noch vorhanden sind.

### 3.5 Woher weiß man, wie hoch die Exposition ist?

Aktuell sind ca. 21.500 Stoffe in der EU registriert, die in Form von Chemikalien und Erzeugnissen auch in Verbraucherprodukten vermarktet werden. Somit besteht für alle diese Stoffe prinzipiell die Möglichkeit einer Exposition. Ob und in welcher Höhe diese vorliegt, hängt davon ab, ob diese Stoffe auch aus den Produkten freigesetzt werden. Aus chemischen Produkten findet die Freisetzung (oder Emission) oft schnell und „vollständig“ statt. Zum Beispiel werden Waschmittel mit dem Abwasser der Waschmaschine freigesetzt. Aus Erzeugnissen werden Stoffe meistens ziemlich langsam und nicht vollständig freigesetzt, so dass ein Teil erst bei der Entsorgung des Erzeugnisses, z. B. in der Müllverbrennungsanlage zerstört wird.

Da es sehr viele Stoffe (und Nanomaterialien) gibt und diese in sehr vielen und sehr unterschiedlichen Produkten enthalten sein können, ist nicht möglich, eine Exposition gegenüber diesen Stoffen anhand von Messungen zu ermitteln. Messungen werden nur in besonderen Fällen durchgeführt, z. B. an Arbeitsplätzen, wo mit Chemikalien umgegangen wird oder wenn ein möglicher Konzentrationsanstieg von Stoffen in der Umwelt beobachtet werden soll.

In den meisten Fällen werden die Expositionen gegenüber Stoffen geschätzt bzw. modelliert. Diese sog. Expositionsabschätzung oder -modellierung wird nach EU-weit festgelegten Regeln vorgenommen. Ergebnisse der Modellierungen sind Vorhersagen über die durchschnittlichen Konzentrationen eines Stoffes in der Luft, in Gewässern, in Lebensmitteln usw.

Dieses Verfahren der **Expositionsabschätzung** wird **auch für Nanomaterialien** angewendet. Aufgrund ihrer geringen Größe und hohen Reaktivität ist für diese Stoffe das Messen noch schwieriger als für „makroskalige“ Stoffe (s. o.). Allerdings sind auch die Vorhersagen über die Expositionen komplexer und mit größeren

Unsicherheiten behaftet, da Nanomaterialien in der Regel reaktiver sind und daher ggf. bereits nach kurzer Zeit gar nicht mehr existieren. Es ist oft unklar, wie Nanomaterialien sich in der Umwelt und im Körper verhalten. Zudem sind die vorhandenen (Computer-) Modelle zur Berechnung einer Exposition bisher noch wenig an die Besonderheiten von Nanomaterialien angepasst.

### **3.6 Risikobewertung**

In einer Risikobewertung werden die Informationen zur Gefährlichkeit eines Stoffes und der möglichen Exposition miteinander kombiniert. Wenn die geschätzte Exposition von Menschen und/oder Umwelt so hoch ist wie die Dosis oder Konzentration des Stoffes, die eine negative Wirkung hat, spricht man von einem Risiko. Dieser Schritt ist für Nanomaterialien und makroskalige Stoffe gleich.

Wird also kommuniziert, dass ein Produkt Nanomaterialien enthält, ist dies nicht gleichbedeutend mit der Aussage, dass die Verwendung dieses Produktes Risiken birgt. Ob dies der Fall ist, erfordert eine tiefergehende Bewertung.

## **4 Wer muss die Risiken bewerten?**

Das EU-weit gültige Chemikalienrecht besteht aus mehreren einzelnen Verordnungen.<sup>11</sup> Es besagt, dass die Verantwortung für die Bewertung von Risiken durch die Verwendung von chemischen Stoffen bei den Unternehmen liegt, welche diese herstellen oder auf den Markt bringen. Die Verantwortung für Verbraucherprodukte (Chemikalien und Erzeugnisse) liegt zudem gemäß der „Produktsicherheitsrichtlinie<sup>12</sup>“ bei den Unternehmen, welche diese auf den Markt bringen.

Für alle chemischen Stoffe müssen Unternehmen vorhandene Informationen zu ihrer Gefährlichkeit zusammentragen und eventuell auch durch neue Informationen (z. B. aus Tests) ergänzen. Die Unternehmen sind verpflichtet, Chemikalien einzustufen und ggf. zu kennzeichnen und müssen hierfür diese Informationen nutzen.

Ob und in welcher Tiefe mögliche Risiken zu beurteilen sind, richtet sich nach der Verwendung eines Stoffes, da diese bestimmt, welche Gesetzgebung anzuwenden ist. Es gibt z. B. spezielle Regelungen für Arzneimittel, Pflanzenschutzmittel oder kosmetische Produkte, die sich u. a. in den Anforderungen an die Risikobewertung unterscheiden.

---

<sup>11</sup> Teilweise gibt es zusätzlich nationale Gesetze, z. B. Stoffverbote oder besondere Kennzeichnungshinweise.

<sup>12</sup> Richtlinie 2001/95/EG über die allgemeine Produktsicherheit.

Ein weiterer Unterschied besteht in diesen Regelungen darin, ob

- Behörden die Risikobewertung prüfen, um zu entscheiden, ob die Chemikalien auf dem Markt gebracht werden dürfen (Genehmigung oder Zulassung) oder
- ob die Unternehmen entscheiden, ob und für welche Verwendungen/Produkte sie die Verantwortung übernehmen und diese Produkte auf den Markt bringen.

## **5 Was gibt es bei Nanomaterialien zu beachten?**

Nanomaterialien gelten rechtlich als Chemikalien und fallen damit unter das europäische Chemikalienrecht. Wie alle Stoffe müssen sie somit eingestuft und gekennzeichnet werden. Allerdings fehlen für viele Nanomaterialien (wie für viele „makroskalige“ Stoffe auch) Informationen für eine vollständige Einstufung. Daher kann auch nur über die bekannten gefährlichen Eigenschaften berichtet werden. Welche Eigenschaften aufgrund fehlender Informationen nicht bekannt sind, ist für Laien leider kaum herauszufinden.<sup>13</sup>

Der Gehalt an Nanomaterialien ist bei einigen Verbraucherprodukten auf der Verpackung zu kennzeichnen. Dies ist der Fall bei

- Lebensmitteln,
- kosmetischen Produkten und
- Bioziden<sup>14</sup>.

Bei diesen ist auf der Inhaltsstoffliste hinter nanoskaligen Stoffen der Zusatz „[nano]“ anzugeben. Bisher gibt es allerdings kaum Produkte, die diese Kennzeichnung haben.

Sind Nanomaterialien hingegen in Erzeugnissen enthalten, besteht genau wie für andere Chemikalien auch, keine Pflicht zur Kennzeichnung.

Mit der Information über den Gehalt an Nanomaterialien ist noch keinerlei Aussage darüber getroffen, ob das jeweilige Nanomaterial gefährliche Eigenschaften hat und/oder ob ein Risiko bei der Verwendung der Produkte besteht. Solange die Nanomaterialien in den Produkten gebunden sind und/oder keine gefährlichen Eigenschaften haben, ist der Gehalt auch als „unproblematisch“ zu bewerten. Grundsätzlich sollten die Hersteller sichergestellt haben, dass ihre Produkte für die Verbraucherinnen und Verbraucher schadlos zu verwenden sind.

---

<sup>13</sup> Entsprechende Informationen sind bei der Europäischen Chemikalienagentur in einer Datenbank veröffentlicht. Diese Informationen zu verstehen erfordert jedoch ein Sachkenntnis, die über ein „normales Verständnis der Chemie“ hinausgeht.

<sup>14</sup> Biozide sind Chemikalien, die speziell dafür entwickelt sind, Organismen zu schädigen. Hierunter fallen verschiedene Produktarten, z. B. Desinfektionsmittel oder Schädlingsbekämpfungsmittel.



## 6 Weitergehende Informationen

### Informationen zur Chemikaliengesetzgebung

- EU-Kommission (auf Englisch):  
[http://ec.europa.eu/environment/chemicals/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/index_en.htm)
- Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/chemikalien>

### Weitere Details über (die Regulierung und) Eigenschaften von Nanomaterialien

- Umweltbundesamt:  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/nanomaterial>
- DaNa2.0 – Information zu Nanomaterialien und Nano-Sicherheitsforschung  
<https://nanopartikel.info/>
- Europäische Chemikalienagentur (auf Deutsch):  
<https://echa.europa.eu/de/regulations/nanomaterials>
- Bundesinstitut für Risikobewertung:  
[https://www.bfr.bund.de/de/gesundheitsliche\\_bewertung\\_von\\_nanomaterialien-30413.html](https://www.bfr.bund.de/de/gesundheitsliche_bewertung_von_nanomaterialien-30413.html)

### Nanomaterialien im Alltag

- BUND: <https://www.bund.net/chemie/nanotechnologie/nanoprodukte-im-alltag/>
- Verbraucherportal Baden Württemberg: <https://www.nanoportal-bw.de/pb/,Lde/Startseite>

### NanoDialog der Bundesregierung

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU):  
<https://www.bmu.de/themen/gesundheit-chemikalien/nanotechnologie/nanodialog/>