

Abbildung 1. Die Welt der Nanomaterialien ist äusserst vielfältig: Illustration des Formen- und Grössenreichtums von Partikeln im Nanobereich am Beispiel von verschiedenen Silizium Nanopartikeln. Mit welchen Begriffen soll man sie beschreiben und wie soll man die Nanomaterialien definieren? Bild: [Wikipedia](#)

## Systematik und Definition von Nanomaterialien

Mit der Nanotechnologie wird die Entwicklung von Materialien und Produkten mit qualitativ neuartigen Eigenschaften angestrebt. Über 1000 Produkte sind bereits auf dem Markt. In Zukunft ist mit einer grossen Zunahme an Produkten unterschiedlichster Anwendungen zu rechnen. In Entwicklung sind beispielsweise neuartige Dünger- und Pestizidprodukte, Pigmente und andere Zusatzstoffe für Lacke und Kunststoffe, Schmutz abweisende Textilien, neuartige Verpackungen bei Lebensmitteln, Schutzanstriche für Karosserien, Prozessoren in Computern, Miniaturisierung in der Halbleiterelektronik und der Optoelektronik, verbesserte lithografische Verfahren, Zahnfüllungen, Sonnencremes mit verbessertem Schutz vor ultravioletter Strahlung, Sonnenschutzfolien, neuartige Diagnostika und Therapeutika, Wirkstofftransporter (drug delivery) oder biokompatible Implantate in der Medizin.

Um Nanomaterialien gesetzlich regulieren zu können und Kennzeichnungspflichten bei Produkten festzulegen, muss vorab eine allgemein anerkannte Übereinkunft getroffen werden, was denn überhaupt unter dem Begriff Nanomaterial zu verstehen sei. Ist die Begriffswelt einmal festgelegt, so braucht es zusätzlich eine möglichst international anerkannte und in der Praxis umsetzbare Definition für Nanomaterial.

## Die enorme Vielfalt an Nanomaterialien

Die Nanotechnologie ist eine Wissenschaft, die mit Materie von sehr kleiner Dimension – so genanntem nanoskaligem Material – arbeitet, diese manipuliert, um deren speziellen grössen- und strukturabhängigen Eigenschaften zu nutzen. Der Produktion unterschiedlicher Nanomaterialien sind praktisch keine Grenzen gesetzt. Die Nanomaterialien können in ihrer chemischen Zusammensetzung, räumlichen Form oder Oberflächenbeschaffenheit stark variieren. Jedes synthetische (künstlich hergestellte) Nanomaterial weist spezifische Eigenschaften auf und kann folglich für spezifische Anwendungsmöglichkeiten eingesetzt werden.

Die Grösse und damit verbunden die Eigenschaften von Nanomaterialien unterscheiden sich von den heute vertrauten grösser skaligen Materialien. Als nanoskalig wird ein Grössenbereich von ca. 1 bis 100 Nanometern beschrieben (1 Nanometer (nm) = 1 milliardstel Meter oder der millionste Teil eines Millimeters). Spricht man von Nanomaterial, so haben dessen Bestandteile äussere Abmessungen, die in mindestens einer Dimension nanoskalig sind oder es handelt sich um ein Material, das nanoskalige interne Strukturen oder nanoskalige Oberflächenstrukturen aufweist.

Im Gegensatz zur Gentechnologie, die sich mit lebenden Organismen befasst, wird in der Nanotechnologie an «toter» Materie aus dem Reich der Chemie gearbeitet. Viele der 118 chemischen Elemente des Periodensystems können in Nanomaterialien verwendet werden. Am Häufigsten wird heute über Nanomaterialien aus Gold, Silber, Titan, Zink, Silizium, Cer, Eisen, Aluminium, Kupfer oder Kohlenstoff berichtet. Aber auch Nanopartikel aus weniger bekannten Elementen wie Selen, Bismut, Gallium, Hafnium oder Molybdän werden eingesetzt. Die verschiedenen Elemente können in unterschiedlichsten Kombinationen als Nanopartikel vorkommen.

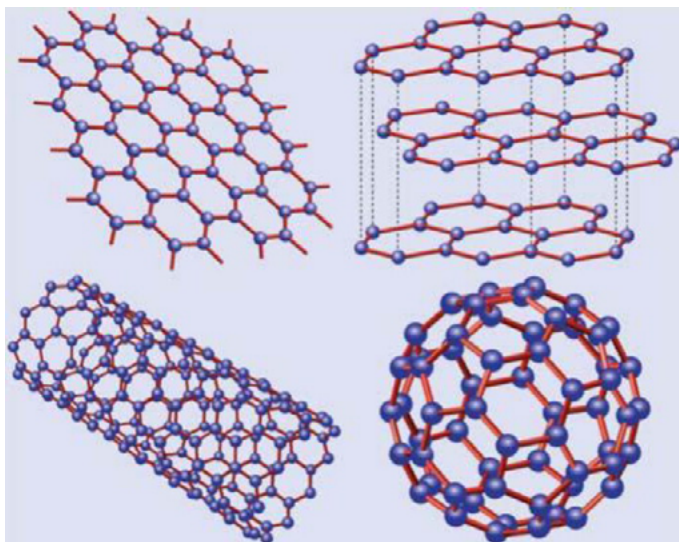


Abbildung 2. Kohlenstoff-Nanomaterialien lassen einen besonders hohen Spielraum an Strukturen zu: Graphen (oben links), Graphit (oben rechts), Kohlenstoffnanoröhren (unten links), Fullerene (unten rechts). Bild: Kuilla, T. et al. (2010). Recent advances in graphene based polymer composites. Progress in Polymer Science, Volume 35, Issue 11, November 2010, Pages 1350–1375.

Oft handelt es sich um Nanopartikel der reinen Elemente wie Gold, Silber, Eisen, Kupfer oder Kohlenstoff oder um die Oxide der Elemente wie Titanoxid, Siliziumoxid oder Eisenoxid. Dazu kommen nicht-oxidische Nanopartikel, die aus mehreren Elementen bestehen, wie Titancarbid (TiC) oder Aluminiumnitrid (AlN) sowie die so genannten Quantum dots (Quantenpunkte, Halbleiter) wie Cadmiumselenid (CdSe) oder Zinksulfid (ZnS).

Damit ist die komplexe Welt der Nanomaterialien aber noch nicht erschöpft. Die Nanopartikel werden nicht nur in der Form des unveränderten Rohstoffs eingesetzt, sondern treten auch in modifizierter Form auf, werden in Composite (Verbundmaterialien, d.h. die Nanopartikel sind in einem Festkörper fixiert) eingebaut oder auf nicht nanoskalige Materialien

aufgetragen. Je nach Einsatzzweck und Art des Produkts liegen die verwendeten Nanopartikel in freier Form oder in gebundener Form vor. Werden Nanopartikel beispielsweise in Kompositmaterialien zur mechanischen Verstärkung beigemischt, dann sind sie fest in die Matrix eingebunden (Zahnfüllungen, Lebensmittelfolien etc.). Nanopartikel können aber auch in flüssigen oder gasförmigen Medien dispergiert (Gemische aus mindestens zwei Stoffen) sein.

Nanomaterialien werden nicht nur aus den unterschiedlichsten Materialien hergestellt, sondern können auch verschiedene Formen annehmen. Eine typische Form ist die Agglomeration von Nanopartikeln. Die Agglomerate bestehen oft aus mehreren hundert einzelnen Nanopartikeln, was zu abweichenden Eigenschaften im Vergleich zu den einzelnen Nanopartikeln führen kann. Der Begriff Nanomaterial umfasst auch Nanoemulsionen oder Liposomen.

Eine weitere Form sind die beschichteten Nanopartikel. Die Beschichtung wird als dünner Film auf die Oberfläche eines Nanopartikels aufgetragen. Beschichtungen werden eingesetzt, um Oberflächeneigenschaften des Materials, wie Löslichkeit, Haftung, Benetzbarkeit und Korrosionsbeständigkeit zu verbessern. Häufig verwendete Nano-Beschichtungen (Coatings) sind Polymere, Fette (medizinische Anwendungen) oder Metalle (Katalysatoren).

Schliesslich werden synthetische Nanopartikel oft gezielt funktionalisiert, d.h. sie werden mit unterschiedlichsten Oberflächenfunktionalitäten versehen. Dazu werden auf den Nanopartikeln bestimmte chemische Seitengruppen eingeführt, welche die Eigenschaften beeinflussen. Dies führt zu einer Oberflächenbelegung der Nanopartikel mit Molekülen, die sowohl eine Ankergruppe als auch weitere funktionelle Gruppen enthalten. Als Ankergruppen, die an die Nanopartikeloberfläche angehängt werden, kommen beispielsweise Trialkoxysilane, Phosphonate oder Sulfonate zum Einsatz.

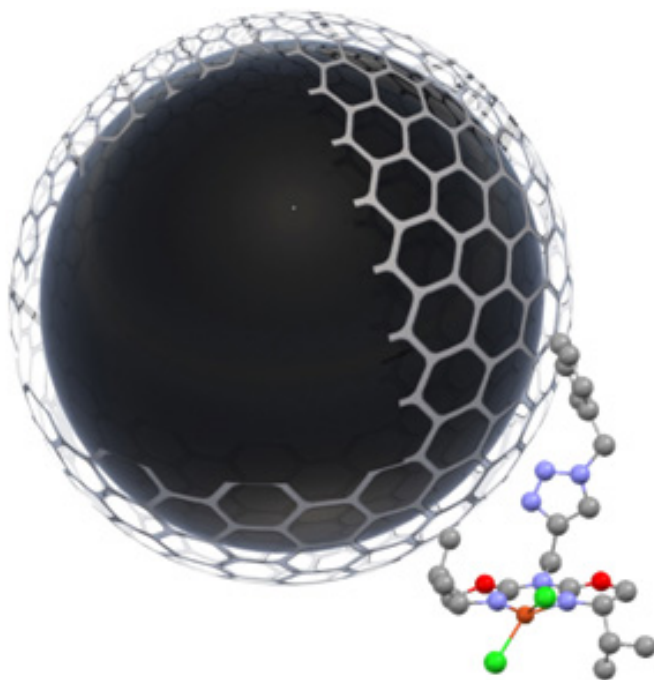


Abbildung 3. Metall-Nanopartikel, das mit einem Kohlenstoffgitter umhüllt ist, welches funktionelle Gruppen trägt.  
Bild: [ETH Zürich](#), [Functional Materials Lab](#)

Eine heute breit anerkannte und angewandte Systematik von Nano-Begriffen liefert ein Dokument der ISO (International Organization for Standardization) und des CEN (Europäisches Komitee für Normung): [Das Standarddokument CEN ISO/TS 27687](#).

Nach der ISO-Systematik ist ein Nanomaterial ein Material, dessen Bestandteile äussere Abmessungen haben, die in mindestens einer Dimension nanoskalig (1 bis 100 Nanometer) sind oder ein Material, das nanoskalige innere Strukturen oder nanoskalige Oberflächenstrukturen aufweist.

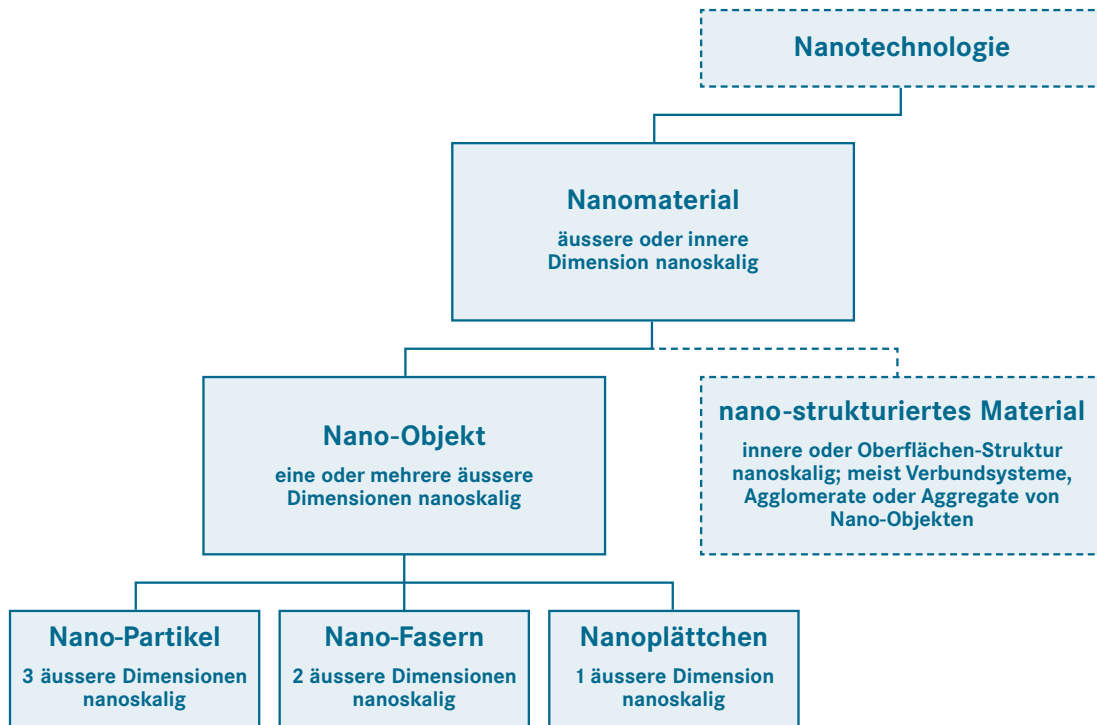


Abbildung 4. Übersicht der Begriffe für nanoskalige Strukturen nach ISO-Begriffsgraphik (CEN ISO/TS 27687).  
Vorlage zum Schema: InfoNano (BAG).

Der Begriff Nanotechnologien kann nicht mit Nano-Objekten – oder im speziellen Fall mit Nano-Partikeln – gleichgesetzt werden. Denn die Nanotechnologien befassen sich nicht nur mit Nano-Objekten, viele Anwendungen betreffen nano-strukturierte Materialien, wie beispielsweise dünne Beschichtungen im Nanometerbereich, die keine Partikel enthalten (zum Beispiel Isoliergläser mit lichttransparenten metallischen Nano-Schichten).

In einem nächsten Schritt muss zwischen Nano-Objekten (Material, dessen Bestandteile äussere Begrenzungen aufweist, die in mindestens einer Dimension nanoskalig sind) und nano-strukturierten Materialien (Material mit einer inneren Nanostruktur oder einer Nanostruktur auf der Oberfläche) unterschieden werden (siehe Abbildung 4).

Die Nano-Objekte lassen sich weiter unterteilen: In Nanopartikel (mit allen drei Aussenmassen im Nanomassstab), Nanofasern (mit zwei ähnlichen Aussenmassen im Nanomassstab und ein drittes Aussenmass, das wesentlich grösser ist als die beiden anderen Aussenmasse) und schliesslich Nanoplättchen (mit einem Aussenmass im Nanomassstab und zwei wesentlich grösseren Aussenmassen).

Typische Beispiele dieser verschiedenen Nano-Objekte sind: Titandioxid oder Zinkoxid in Sonnencremen (Nanopartikel), in der Oberfläche von Textilfasern als Veredelung eingebettete Nanopartikel (Nanofasern) oder Nano-Luftfiltervliese als Feinstaubfilter (Nanoplättchen).

---

## Empfehlung der Europäischen Kommission zur Definition von Nanomaterialien

Die fehlende Definition von Nanomaterialien galt immer als einer der Gründe, weshalb die Nanotechnologie nicht gesetzlich geregelt werden kann, denn eine einheitliche und anwendbare Definition des Begriffs Nanomaterial ist für die Rechtssetzung, die Risikoabschätzung und die Kennzeichnung notwendig.

Nun hat am 18. Oktober 2011 die [EU Kommission](#) eine Definition von Nanomaterialien vorgelegt ([Empfehlung der Kommission vom 18. Oktober 2011 zur Definition von Nanomaterialien \(2011/696/EU\)](#)). Ein Nanomaterial wird beschrieben als:

*«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 Aussenmassen im Bereich von 1nm bis 100nm haben.»*

Die EU Kommission hat bereits Ausnahmen zu dieser Definition festgelegt. So kann bei berechtigten Bedenken über negative Einflüsse auf die Umwelt und die Gesundheit die Schwelle der Anzahlgrössenverteilung von 50% durch einen Grenzwert zwischen 1% und 50% ersetzt werden. Andererseits sollen Kohlenstoff-Nanopartikel wie Fullerene, Graphen und einwandige Carbon Nanotubes (Kohlenstoff-Nanoröhrchen) mit einem oder mehreren Aussenmassen unterhalb der 1nm-Grenze in der Definition, auch als Nanomaterialien betrachtet werden.

Die Empfehlung wird zurzeit schrittweise in bestehende Rechtsvorschriften der EU übernommen. Einige Formulierungen in der Definition sind Gegenstand kontroverser Diskussion. Dazu gehören der Schwellenwert von 50% in der Anzahlgrössenverteilung (europäische Gremien hatten zuvor tiefere Werte empfohlen) und die Eignung von Messmethoden zur Bestimmung der Anzahlgrössenverteilung (siehe: [JRC report reviews measurement methods for nanoparticle sizing](#)).

Heute wird verschiedentlich betont, dass die Definition nicht bedeuten darf, dass Nanomaterialien, die unter die Definition fallen, grundsätzlich gefährlich sind. Andererseits darf aber auch nicht angenommen werden, dass Nanomaterialien, die nicht unter die Definition fallen, nicht gefährlich sind. Die EU-Kommission wird die Empfehlung bereits 2014 überprüfen.

---

## Weitere Informationen

Die [SAG-Homepage](#) bietet regelmässig News zur Nanotechnologie an. In der Rubrik Themen > Nanotechnologie finden sich wichtige Informationen und Links zu massgebenden Webseiten.

Die farblich hervorgehobenen Textstellen in diesem Factsheet sind anklickbar und führen auf externe Webseiten.