

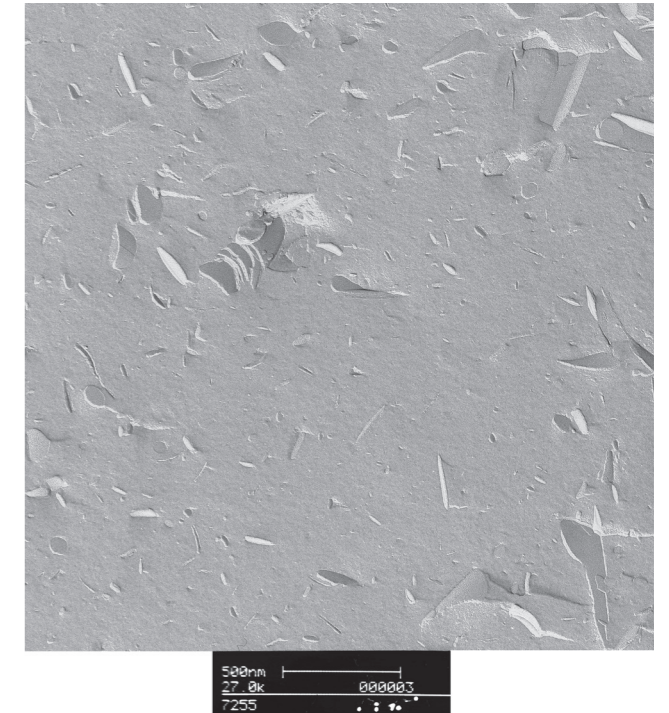
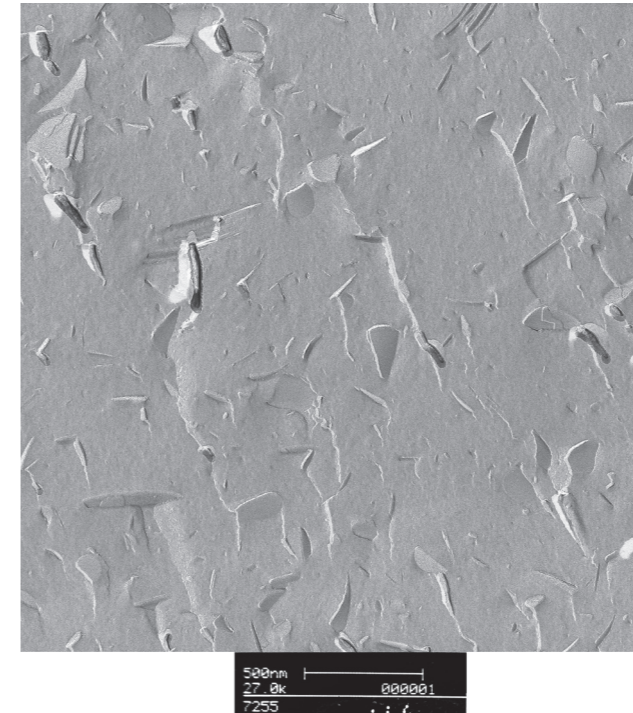
## Nanotechnologie im Lebensmittelbereich

### Viele offene Fragen für die Forschung

**Technisch hergestellte Nanomaterialien bieten für die Lebensmittelindustrie interessante Anwendungsmöglichkeiten, doch das Wissen um das Verhalten und den Verbleib von synthetischen Nanomaterialien ist zurzeit noch ungenügend. Die wenigen Studien lassen kaum Rückschlüsse auf die reale Situation zu. Die Ansichten über die Anwendung von Nanotechnologien im Lebensmittelsektor gehen weit auseinander. Die Befürworter verweisen auf die Chancen, die Kritiker dagegen heben auf die möglichen gesundheitlichen Folgen ab. Die Risikobewertung spezieller Nanoprodukte kann derzeit nur fallspezifisch erfolgen und ist angesichts des beschränkten Datenbestands und des Fehlens**

**geeigneter Prüfmethode in der Praxis sehr schwierig und mit einem hohen Maß an Unsicherheit verbunden. Solange diese Unsicherheit besteht, wird das volle Potenzial von Nanomaterialien im Lebensmittelbereich nicht ausgeschöpft werden können.**

Unter Nanotechnologie versteht man verschiedene Technologien, um Materialien im Nanometerbereich herzustellen, zu verarbeiten und zu verwenden. Auch wenn im Lebensmittelbereich derzeit keine bindende Definition für Nanomaterialien existiert, wird der Begriff „Nanomaterial“ im Allgemeinen für Materialien verwendet, die in mindestens einer Dimension eine Ausdehnung zwischen 1 und 100 Nanometern aufweisen (Abb. 1 und 2). Außerdem weisen die-



**Abbildung 1 und 2:** Gefrierbruch-Aufnahmen mit dem Transmissionselektronenmikroskop von Solid Lipid Nanopartikeln (SLN). Die SLNs werden durch ein Heißemulgiervorgang hergestellt. Beim Abkühlen bilden sich plättchenförmige Partikel aus, welche aus verschiedenen Schichten aufgebaut sind. Daher sehen die Partikel in der Seitenansicht stäbchen- bzw. nadelartig aus. SLNs können zur Verkapselung lipophiler Substanzen eingesetzt werden.

se Materialien andere Eigenschaften als ihre größerskaligen Pendanten auf. Dazu zählen physikalische, mechanische, elektrische, magnetische und optische Eigenschaften, aber auch chemische Reaktivität und Toxizität.

Das wirtschaftliche Potenzial technisch hergestellter Nanomaterialien wird als groß eingeschätzt. Viele der weltweit größten Lebensmittelunternehmen unterstützen Forschungsprogramme zur Verwendung technisch hergestellter Nanomaterialien im Lebensmittelbereich. Etliche der möglichen Anwendungen technisch hergestellter Nanomaterialien im Lebensmittelsektor befinden sich zurzeit noch im Forschungsstadium oder kurz vor der Markteinführung. In einigen Ländern sind jedoch schon Produkte mit technisch hergestellten Nanomaterialien kommerziell erhältlich. Dabei handelt es sich um Nanomaterialien enthaltende Lebensmittelverpackungssysteme mit verbesserten Barriereigenschaften, nanoskalige Nahrungsergänzungsmittel zur Verbesserung ihrer Aufnahme im Körper und nanoskalige Trägersysteme für biologisch aktive Substanzen.

#### **Aufwendige Prüfung der Sicherheit von „Nano-Lebensmitteln“**

Eine Risikobewertung beschreibt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines gesundheitlichen Effektes. Für eine belast-

bare Risikobewertung sind u. a. Kenntnisse der toxikologischen Kenngrößen der zu bewertenden Substanz als auch Daten zur Menge, die ein Mensch aufnimmt, erforderlich.

Die Suche und Charakterisierung von Nanomaterialien in Lebensmitteln ist essentiell für die Ermittlung der Menge, die vom Menschen aufgenommen wird, aber auch für die Beurteilung des Verhaltens und der biologischen Wirkung der Nanomaterialien. Darum liegt hier ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten des Max Rubner-Instituts (MRI). Aufgrund der sehr geringen Größe der Nanomaterialien und Nanostrukturen sind zum Teil aufwändige und komplexe Analysenverfahren erforderlich. Der Nachweis von Nanomaterialien in Lebensmitteln ist in der Regel um ein Vielfaches schwieriger als in gasförmigen Medien oder kolloidalen Lösungen, da es sich hierbei meist um komplexe Systeme aus einer Vielzahl unterschiedlicher Stoffe und Komponenten handelt. Der Nachweis eines spezifischen Nanomaterials in solch einer Lebensmittelmatrix ist heute nur in Ausnahmefällen möglich. Der Aufwand und die Kosten einer Analyse hängen vom Nanomaterial, der Lebensmittelmatrix und der gewünschten Information ab. Neben Größe bzw. Größenverteilung müssten wenigstens die chemische Zusammensetzung und die Form des Nanomaterials ermittelt werden. Ein einzelnes Messverfahren oder Messgerät, mit dem sich alle wichtigen physiko-chemischen Parameter



Abbildung 3: Dynamische Lichtstreuung zur Ermittlung der Partikelgrößenverteilung im Nanometerbereich und des Zetapotenzials in Lebensmitteln

erfassen lassen, existiert nicht. Außerdem führen verschiedene Verfahren zur Ermittlung der Partikelgrößenverteilung technisch bedingt zu unterschiedlichen Ergebnissen. Daher ist eine Kombination mehrerer Messverfahren unumgänglich. Die meisten Analysemethoden greifen allerdings in das Probenmaterial ein, das heißt es ist in der Regel nicht möglich, dieselbe Probe mehrfach mit unterschiedlichen Messgeräten und -verfahren zu untersuchen (Abb. 3).

#### Nanostrukturen können im Magen-Darm-Trakt erhalten bleiben

Über das Verhalten und den Verbleib von Nanomaterialien im Magen-Darm-Trakt ist nur wenig bekannt. Die vielen verschiedenen Nanomaterialien, die im Lebensmittelsektor Anwendung finden können, lassen kaum allgemeingültige Aussagen über ihr Verhalten im Magen-Darm-Trakt und ihre biologische Wirkung zu. Diese Fragestellungen sind daher fallspezifisch zu klären. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Interaktion der Nanomaterialien mit der Umgebung kein statischer, sondern ein dynamischer Prozess ist. Die Oberfläche der Nanomaterialien kann sich durch Wechselwirkungen mit anderen Lebensmittelbestandteilen verändern. Diese Wechselwirkungen, insbesondere während der Verarbeitung, der Lagerung der Produkte und der Verdauung, ist ein Gebiet zu dem Wissenschaftler des Instituts für Lebensmittel und Bioverfahrenstechnik des MRI arbeiten. Im Vordergrund stehen aktuell die Wechselwirkungen organischer und anorga-

nischer Nanopartikel mit Proteinen von Lebensmittelbestandteilen. Derzeit wird diskutiert, inwieweit das Darmepithel für Substanzen durchlässig wird, die sonst nicht in den Körper gelangen können (Trojan Horse Effekt).

Bei oraler Aufnahme stellt der Magen-Darm-Trakt die Haupteintrittspforte für Nanomaterialien in den menschlichen Körper dar. Bisher liegen nur wenige Informationen über das Ausmaß der Aufnahme aus dem Magen-Darm-Trakt vor. Löslichkeit und Verdaulichkeit sind zwei Faktoren, die das Schicksal der Nanomaterialien wesentlich bestimmen. Gehen Nanomaterialien unter physiologischen Bedingungen vollständig in Lösung, so verlieren sie ihre nano-spezifischen Eigenschaften. Bleiben dagegen Nanostrukturen kolloidal in Lösung, so bleiben auch ihre nano-spezifischen Eigenschaften erhalten. Auch aus toxikologischer Sicht ist es unterschiedlich zu bewerten, ob ein Material wie Nanosilber oder Nanokupfer als intaktes Nanomaterial resorbiert wird oder zuvor oxidativ in Lösung geht. Werden dann Silber- bzw. Kupferionen, deren toxische Wirkung gut dokumentiert ist, resorbiert? Wissenschaftler des MRI bearbeiten auch die Frage, inwieweit die unterschiedlichen nanoskaligen Strukturen im Magen-Darm-Trakt aufgeschlossen werden können oder ob sie als intakte nanoskalige Strukturen resorbiert werden. In vitro-Untersuchungen zur Verdauung von Lebensmitteln die Nanopartikel enthalten, sollen erste Antworten liefern.

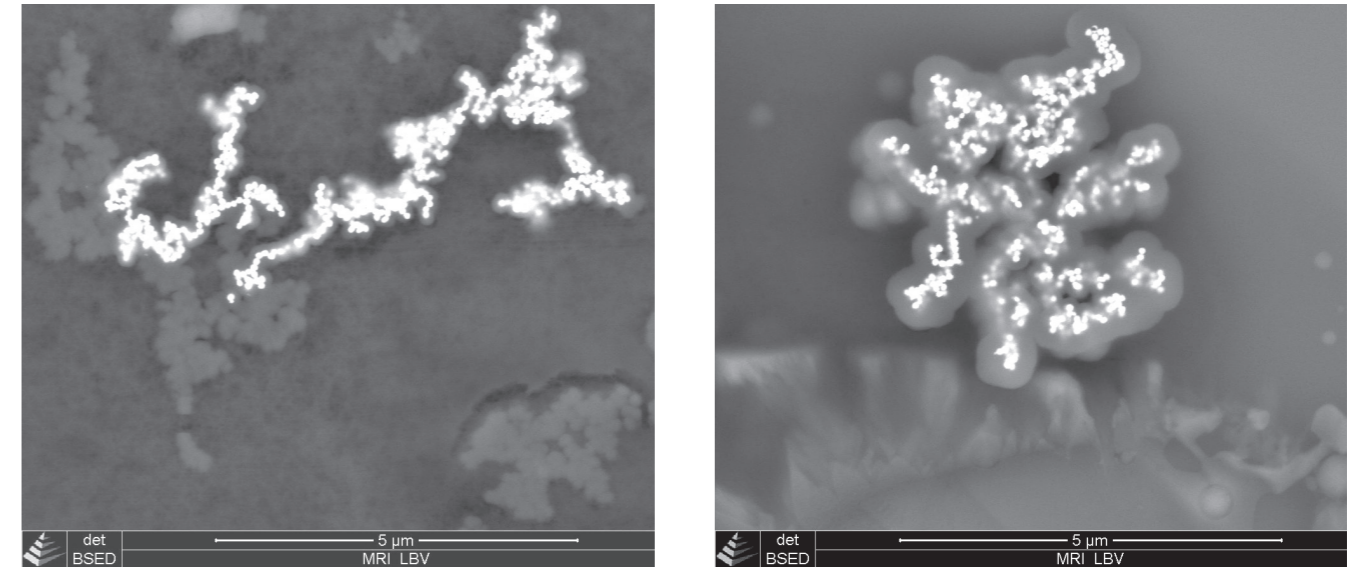


Abbildung 4 und 5: Silbernanopartikel in unterschiedlichen Medien. Silbernanopartikel weisen antibakterielle Eigenschaften auf

Im Gegensatz zu organischen werden anorganische Nanomaterialien wie Titandioxid im Magen-Darm-Trakt nicht abgebaut. Diese Materialien können folglich entweder ausgeschieden oder resorbiert werden. Es wird berichtet, dass die Aufnahme solcher Nanomaterialien aus dem Verdauungstrakt größenabhängig ist. Studien wurden vor allem mit anorganischen, unlöslichen Nanopartikeln und unlöslichen, organischen Polymeren durchgeführt. Die Aufnahme über den Darm von Nanomaterialien wurde in den verschiedenen Studien von nahezu Null bis 39 Prozent, bezogen auf die oral verabreichte Menge, bestimmt. Neben den physikochemischen Eigenschaften der Nanomaterialien haben sicherlich auch die Art der oralen Gabe (z. B. über Trinkwasser oder Lebensmittel) und die Methode, die zur Ermittlung der Resorption eingesetzt wurde, Einfluss auf das Ergebnis. Außerdem kann eine Modifikation der Nanopartikeloberfläche durch Wechselwirkungen mit anderen Nahrungsbestandteilen zu einer Änderung der Aufnahme führen.

#### Nanomaterialien können in verschiedene Organe und Gewebe gelangen

Nach dem Transport durch die Zellen werden die Nanomaterialien über den Blutkreislauf oder das lymphatische System im Körper verteilt. Im Blut können sie mit den unterschiedlichen Blutkomponenten, wie Plasmaproteinen, Gerinnungsfaktoren, Thrombozyten, roten und weißen Blutkörperchen, interagieren. Diese Wechselwirkung kann einen erheblichen Einfluss auf deren Verteilung und Ausscheidung nehmen. Überwinden sie das Darmepithel und gelangen in die Blutbahn, werden sie vorwiegend von Leber und Milz herausgefiltert. Je nach Art und Größe erreichen Nanomaterialien auch andere Organe und Gewebe wie Niere, Lunge und Knochenmark. Informa-

tionen über eine Anreicherung, Verstoffwechslung und Ausscheidung liegen bisher nicht vor. Es ist unklar, wie lange die resorbierten Nanomaterialien im Körper verweilen. Eine Ausscheidung wäre zum einen über Leber und Galle und zum anderen über die Niere vorstellbar. Im Hinblick auf die Sicherheit von Nanopartikeln ist auch ihr Potenzial, natürliche Barrieren wie die Blut-Hirn-Schranke, die Plazentaschranke und die Blut-Milch-Schranke zu überwinden, von Bedeutung. Bisher gibt es jedoch kaum Daten, die es erlauben, Schlüsse auf das Rückhaltevermögen solcher natürlichen Barrieren zu ziehen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Nanomaterialien die genannten natürlichen Barrieren überwinden können.

Den vielen offenen Fragen in der Forschung zu Nanotechnologie und Nanopartikeln steht eine zunehmend größere Zahl von Forschungsprojekten gegenüber. Doch für alle aufgeworfenen Fragestellungen ist zunächst die Erfassung und ausreichende Charakterisierung der Nanomaterialien unumgänglich, darum hat das MRI auf diese Aufgabe seinen Forschungsschwerpunkt gelegt.