

Lerneinheit

Die Zukunft der Nanotechnologie

Name der Autorin: Nikolina Latković
Letztes Bearbeitungsdatum: 20.12.2021

Die Zukunft der Nanotechnologie

Erste Einführung

Die Nanotechnologie ist ein hochinnovatives Gebiet. Es gibt so viele Möglichkeiten, wenn es um die Zukunft der Nanotechnologie geht. Die Zukunft ist jedoch nicht ohne Herausforderungen. Die Nanotechnologie kann uns helfen, die Probleme von morgen zu lösen. Wir werden einen Blick auf die konkreten Anwendungen der Nanotechnologie in der Landwirtschaft, in der Lebensmittelindustrie und in der Medizin werfen sowie auf die Frage, wie die Städte der Zukunft dank Nanotechnologie aussehen werden.

Praxisbezug - Hierfür benötigst du die Kenntnisse und Fähigkeiten

In dieser Einheit erfährst du, wie Nanotechnologie den Lebensmittel- und Landwirtschaftssektor sowie die Medizin verbessern wird. Schließlich wirst du erfahren, wie Nanotechnologie die Städte von morgen verändern wird.

Überblick über die Lernziele und Kompetenzen

In *Die Zukunft von Landwirtschaft und Lebensmitteln* erfährst du, wie die Nanotechnologie die Lebensmittelindustrie verändern wird, die wachsende Rolle von Nanotechnologie in der Landwirtschaft und schließlich, wie Nanotechnologie die Landwirtschaft der Zukunft verbessern wird.

In *Die Zukunft der Nanomedizin* wirst du erfahren, wie Nanotechnologie eine bessere Gesundheitsüberwachung durch die Miniaturisierung von Gesundheitstechnologien ermöglicht, im Kampf gegen Krebs hilft und unglaubliche Innovationen verspricht.

In *Die Zukunft unserer Städte* wirst du erfahren, wie Nanotechnologie unsere Städte in Zukunft mit Energie versorgen wird und wie es die Infrastrukturen unserer Städte verändert. Schließlich wirst du erfahren, wie Sensoren und Computer mit Hilfe von Nanotechnologie Daten überwachen und verarbeiten können, um die Sicherheit unserer Städte in Zukunft zu gewährleisten.

Lernziele	Detailziele
LO_BB_01 Die Zukunft von Landwirtschaft und Ernährung	FO_Die Zukunft der Nanotechnologie 01_01 Die Lebensmittelindustrie der Zukunft FO_Die Zukunft der Nanotechnologie 01_02 Nanotechnologie in der

	Landwirtschaft FO_ Die Zukunft der Nanotechnologie 01_03 Die Zukunft unserer Landwirtschaft
LO_BB_02 Die Zukunft der Nanomedizin	FO_ Die Zukunft der Nanotechnologie 02_01 Miniaturisierung von Gesundheitstechnologien FO_ Die Zukunft der Nanotechnologie 02_02 Nanomedizin gegen Krebs FO_ Die Zukunft der Nanotechnologie _02_03 Unglaubliche Innovationen
LO_BB_03 Die Zukunft unserer Städte	FO_ Die Zukunft der Nanotechnologie 03_01 Energieversorgung für die Städte der Zukunft FO_ Die Zukunft der Nanotechnologie 03_02 Die zukünftigen Infrastrukturen unserer Städte FO_ Die Zukunft der Nanotechnologie _03_03 Die Sicherheit unserer Städte in der Zukunft

1. Die Zukunft von Landwirtschaft und Ernährung

Die Europäische Kommission sieht in der Nanotechnologie eine Schlüsseltechnologie mit großem Potenzial für die Bewältigung gesellschaftlicher Zukunftsfragen wie Energieversorgung und Gesundheitsversorgung (Europäische Kommission, 2021).

Aber auch in der Lebensmittelindustrie hat die Nanotechnologie zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die Innovation im Lebensmittelbereich gilt als einer der Sektoren, in denen die Nanotechnologie in Zukunft eine wichtige Rolle spielen wird. Neue und zukünftige Innovationen in der Nanotechnologie haben außergewöhnliche Auswirkungen auf verschiedene Bereiche der Lebensmittelindustrie und des Agrarsektors auf der ganzen Welt (Thiruvengadam *et al.*, 2018). Dazu gehören:

- Techniken der Präzisionslandwirtschaft
- Intelligentes Füttern
- Verbesserung von Textur und Qualität der Lebensmittel
- Bioverfügbarkeit/Nährstoffwerte
- Verpackung
- Kennzeichnung
- Pflanzenproduktion
- Einsatz von Agrochemikalien wie Nano-Pestiziden
- Nano-Düngemittel
- Nano-Herbizide

Außerdem können Nanoverpackungen die Lebensdauer von Lebensmitteln verlängern, die Lebensmittelsicherheit verbessern, Kunden darüber informieren, dass Lebensmittel verdorben oder zerstört sind, Risse in Verpackungen reparieren und zugesetzte Substanzen gleichmäßig freisetzen, um die Lebensdauer der Lebensmittel in der Verpackung zu verlängern (Thiruvengadam *et al.*, 2018).

Erinnere dich

Nano- und Lebensmittelinnovation

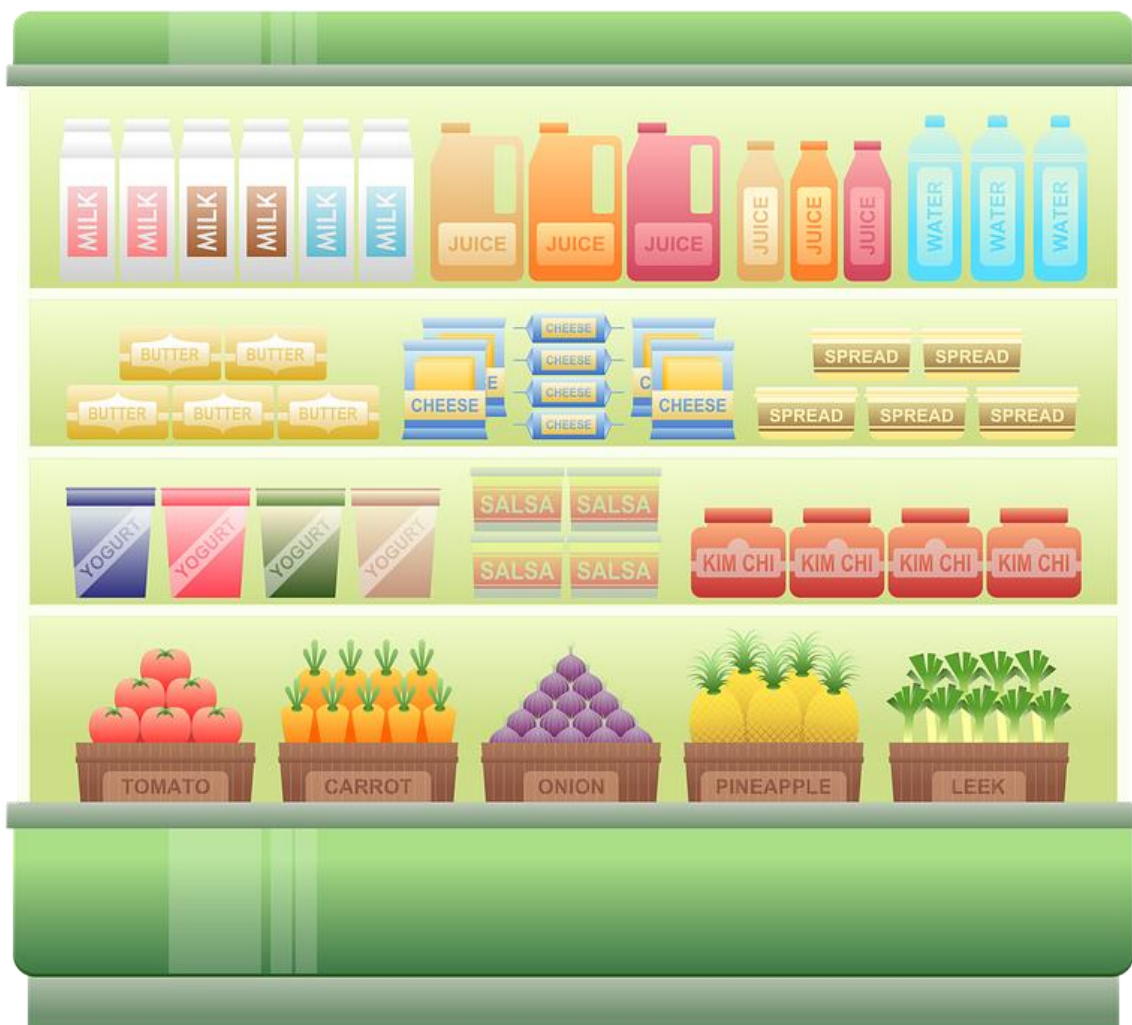
Die Lebensmittelinnovation wird als einer der Bereiche angesehen, in denen die Nanotechnologie in Zukunft

eine wichtige Rolle spielen wird.

Um in der Lebensmittel- und lebensmittelverarbeitenden Industrie führend zu bleiben, wird man in Zukunft mit Nanotechnologie arbeiten müssen. Die Verbesserung der Sicherheit und Qualität von Lebensmitteln wird der erste Schritt sein. Entwickelte Nanotech-Verbindungen könnten sowohl bei Inhaltsstoffen als auch bei Lebensmittelverpackungen von großem Nutzen sein - mit antimikrobiellen Oberflächen und Sensoren, die ihre Farbe ändern, wenn Lebensmittel beginnen schlecht zu werden (Thiruvengadam *et al.*, 2018).

Manche Menschen mögen über Nanotechnologie in ihren Lebensmitteln beunruhigt sein, aber nanoskalige Verbindungen kommen z. B. bereits natürlicherweise in der Milch vor und sind für ihre Fettstabilität verantwortlich. Darüber hinaus wird Nanotechnologie bereits in großem Umfang im Bereich der Lebensmittelverpackung eingesetzt, um die Qualität und Sicherheit von Lebensmitteln zu gewährleisten. Nanotech-basierte Sensoren können die Anwesenheit von Sauerstoff oder Bakterien, wie z. B. Listerien, erkennen und messen (MacDonald, 2017).

"Die Nanotechnologie ermöglicht es, die bestehenden Lebensmittelsysteme und -verarbeitungsprozesse zu verändern, um die Produktsicherheit zu gewährleisten, eine gesunde Lebensmittelkultur zu schaffen und die Nährstoffqualität von Lebensmitteln zu verbessern" (Thiruvengadam *et al.*, 2018).



Die Landwirtschaft betreffend, werden Nanopartikel auf dem Feld bereits zur Produktionssteigerung eingesetzt. So werden beispielsweise polymere Nanopartikel für die langsame und kontrollierte Abgabe von Agrochemikalien verwendet. Vorteile von polymeren Nanopartikeln sind z.B. ihre überlegene Biokompatibilität und die minimalen Auswirkungen auf nicht zielgerichtete Organismen (Bose, 2021).

Außerdem werden Silbernanopartikel wegen ihrer antimikrobiellen Eigenschaften gegen eine Vielzahl von Phytopathogenen (Organismen, die Pflanzenkrankheiten verursachen) in großem Umfang eingesetzt. Wissenschaftler berichten auch, dass Silber-Nanopartikel das Pflanzenwachstum fördern. Viele Chemieunternehmen verwenden auch Nano-Aluminiumsilikat-Formulierungen als wirksames Pestizid. Inzwischen sind Titandioxid-Nanopartikel biokompatibel und werden als Desinfektionsmittel für Wasser verwendet. Andererseits werden Kohlenstoff-Nanopartikel wie Graphen, Graphenoxid, Kohlenstoff Quantenpunkte und Fullerene zur Verbesserung der Keimung von Saatgut verwendet (Bose, 2021).

Definition

Phytopathogen

Ein Organismus, der Krankheiten bei Pflanzen verursacht.
--

Die Anwendung von Nanoherbiziden und Nanopestiziden zur Unkraut- und Schädlingsbekämpfung hat die Produktivität der Kulturen erheblich gesteigert. Durch mikrobielle Infektionen (Viren, Pilze und Bakterien) entstehen in der Landwirtschaft jährlich enorme Verluste. Nanomaterialien mit spezifischen antimikrobiellen Eigenschaften können dazu beitragen, diesen mikrobiellen Befall zu verhindern. Mehrere Nanopartikel wie Nickel-Ferrit-Nanopartikel und Kupfer-Nanopartikel haben eine starke antimykotische (gegen Pilze) Wirkung und werden bei der Behandlung von Krankheiten wirksam eingesetzt (Bose, 2021).

Die Nanotechnologie wurde auch eingesetzt, um ein intelligentes Abgabesystem zu entwickeln, das Nährstoffe langsam und kontrolliert an den Zielort abgibt, um Nährstoffmangel bei Pflanzen zu bekämpfen. Nanodünger erhöhen die Produktivität von Pflanzen, indem sie die Verfügbarkeit wichtiger Nährstoffe für die Pflanze verbessern. Nach dem Einsatz von Nanophosphordüngern in trockenen Gebieten wurde eine signifikante Steigerung der Erträge von Hirse und Buschbohnen festgestellt. Suspensionen von Chitosan-Nanopartikeln, die Stickstoff, Phosphor und Natrium enthalten, haben ebenfalls die Pflanzenproduktion gesteigert (Bose, 2021).

Außerdem können Kohlenstoffnanoröhrchen in die harte Samenschale von Tomaten eindringen und den Keimungsindex und das Pflanzenwachstum erheblich verbessern. In ähnlicher Weise erhöhte sich der Keimungsprozentsatz, wenn Sojabohnen- und Maissamen mit mehrwandigen Kohlenstoffnanoröhren besprüht wurden. Es gibt verschiedene Nanobehandlungen zur Verbesserung des Keimungsindex von Pflanzen. (Bose, 2021).

Schließlich sind Nanobiosensoren im Vergleich zu herkömmlichen Biosensoren hochempfindlich und spezifisch. Diese Geräte wandeln biologische Reaktionen über einen Mikroprozessor in elektrische Reaktionen um. Nanobiosensoren bieten eine Signalüberwachung in Echtzeit und dienen dem direkten oder indirekten Nachweis von pathogenen Mikroorganismen, Antibiotikaresistenzen, Pestiziden, Toxinen und Schwermetallverunreinigungen. Diese Technologie wird auch zur Überwachung von Pflanzenstress, Bodengesundheit, Pflanzenwachstum, Nährstoffgehalt und Lebensmittelqualität eingesetzt (Bose, 2021).

Dies ist jedoch erst der Anfang der Nanotechnologie in der Landwirtschaft. Wir erwarten, dass uns die Nanotechnologie in Zukunft auch bei Folgendem helfen wird:

- Kontrollierte grüne Synthese von Nanopartikeln
- Verständnis der von Wurzelendophyten und Mykorrhizapilzen produzierten Nanopartikel, die eine wichtige Rolle bei der Pflanzenproduktivität und der Bekämpfung von Krankheiten spielen
- Wechselwirkung von Nanopartikeln mit dem Pflanzensystem, wie z. B. der Transportmechanismus von Nanopartikeln im Pflanzenkörper
- Kritische Bewertung der Nebenwirkungen von Nanopartikeln unter verschiedenen Umweltbedingungen
- Entwicklung von tragbaren und benutzerfreundlichen Nanobiosensoren für die schnelle Analyse von Böden, Pflanzen, Wasser und Pestiziden

Definition

Grüne Synthese

Bei der grünen Synthesemethode geht es um die Entwicklung von ungiftigen und biokompatiblen, sicheren Nanopartikeln, die kostengünstig hergestellt werden können und ein breites Anwendungsspektrum in verschiedenen Sektoren haben werden.



Da die Weltbevölkerung wächst und wir mit dem Klimawandel sowie einem höheren Energie- und Wasserbedarf konfrontiert sind, wird der Druck auf die Nahrungsmittelproduktion und -verteilung steigen.

Nanomaterialien und Nanotechnologie könnten in der Landwirtschaft der Zukunft eine wichtige Rolle spielen, insbesondere bei der Produktion von Nutzpflanzen. "Die nano-gestützte Landwirtschaft steckt noch in den Kinderschuhen, aber sie ist ein spannender und anspruchsvoller Bereich, der sich in naher Zukunft schnell entwickeln wird" (Pulizzi, 2019).

So wird uns die Nanotechnologie dabei helfen, mehr Menschen schneller und effizienter zu ernähren, und sie wird auch Innovationen bei der Verpackung unserer Lebensmittel bringen.

Wichtig

Die Zukunft der Landwirtschaft

Nanomaterialien und Nanotechnologie könnten in der Zukunft der Landwirtschaft eine wichtige Rolle spielen, insbesondere bei der Erzeugung von Pflanzen, die die Nahrungsmittelproduktion steigern.
--

2. Die Zukunft der Nanomedizin

Wearable-Fitness-Technologie bedeutet, dass wir unsere Gesundheit überwachen können, indem wir uns Gadgets umschnallen. Es gibt sogar Prototypen elektronischer Tattoos, die unsere Vitalwerte erfassen können. Durch eine Miniaturisierung dieser Technologie könnten wir jedoch noch weiter gehen und winzige Sensoren in unseren Körper implantieren oder injizieren. Auf diese Weise könnten viel detailliertere Informationen mit weniger Aufwand für den Patienten erfasst werden, so dass die Ärzte ihre Behandlung personalisieren könnten (Prodromakis, 2018).

Die Möglichkeiten sind endlos und reichen von der Überwachung von Entzündungen und der Genesung nach Operationen bis hin zu exotischeren Anwendungen, bei denen elektronische Geräte tatsächlich in die Signale unseres Körpers zur Steuerung der Organfunktionen eingreifen. Obwohl diese Technologien wie eine ferne Zukunft klingen mögen, arbeiten milliardenschwere Gesundheitsunternehmen wie GlaxoSmithKline bereits an der Entwicklung sogenannter "Electroceuticals" (Prodromakis, 2018).



Erinnere dich

Miniaturisierung in der Gesundheits- und Fitnesstechnologie

Die Möglichkeiten sind endlos und reichen von der Überwachung von Entzündungen und der Genesung nach Operationen bis hin zu exotischeren Anwendungen, bei denen elektronische Geräte tatsächlich in die Signale unseres Körpers zur Steuerung der Organfunktionen eingreifen

Darüber hinaus wird die Nanotechnologie sowohl für die Diagnose als auch für die Behandlung von Atherosklerose, d. h. der Ablagerung von Plaque in den Arterien, untersucht. Bei einem Verfahren haben die Forscher ein Nanopartikel entwickelt, das das "gute" Cholesterin des Körpers, das so genannte HDL (High-Density-Lipoprotein), nachahmt, das zum Abbau von Plaque beiträgt. Das Design und die Entwicklung fortschrittlicher Festkörper-Nanoporenmaterialien könnte die Entwicklung neuartiger Gensequenzierungstechnologien ermöglichen, die den Einzelmolekülnachweis bei geringen Kosten und hoher Geschwindigkeit mit minimaler Probenvorbereitung und Instrumentierung ermöglichen (NNI, 2021).

Nanotechnologen arbeiten auch an einer Reihe verschiedener Therapeutika, bei denen ein Nanopartikel Medikamente einkapseln oder auf andere Weise dazu beitragen kann, sie direkt an die Krebszellen zu bringen und das Risiko einer Schädigung des gesunden Gewebes zu minimieren. So werden beispielsweise Kohlenstoffnanoröhren erforscht, um Medikamente gezielt zu verabreichen. Dies hat das Potenzial, **die Art und Weise, wie Ärzte Krebs behandeln, zu verändern und die toxischen Auswirkungen der Chemotherapie drastisch zu reduzieren** (NNI, 2021). Andere neue Nanomaterialien wie Block-Copolymer-Mizellen, Polymere, Quantenpunkte und Dendrimere sollen ebenfalls dazu beitragen, Arzneimittel effizienter zu verabreichen oder zu steuern (EUON, 2021).

Quantenpunkte zum Beispiel sind Halbleiter-Nanokristalle, die aus einem anorganischen Kern bestehen, der von einer metallischen Hülle umgeben ist. Sie können als Arzneimittelträger oder als Fluoreszenzmarker für andere Arzneimittelträger wie Liposomen verwendet werden. Sie können dazu beitragen, die molekulare Bildgebung für die Diagnostik mit der Therapie zu kombinieren, zum Beispiel bei der Entwicklung von Therapiestrategien für Krebs (EUON, 2021).



Dendrimere sind Moleküle mit einer regelmäßigen und stark verzweigten baumartigen Struktur. Sie haben einen Durchmesser von 1 bis 10 Nanometern und verfügen über einen hydrophoben inneren Hohlraum, der mit hydrophoben Molekülen gefüllt werden kann, z. B. mit Krebsmedikamenten. Im Vergleich zu anderen Arzneimittelträgern wie Liposomen sind Dendrimere mechanisch stabiler, können aber geringere Mengen des Arzneimittels aufnehmen (EUON, 2021).

Eine weitere Möglichkeit, wie uns die Nanotechnologie im Kampf gegen Krebs helfen kann, sind individualisierte Behandlungen. In der Tat könnte uns **die Nanotechnologie in Zukunft individualisierte therapeutische Behandlungen ermöglichen**. Zu den neu entwickelten Nanomedikamenten gehören Mehrkomponentensysteme, so genannte Theranostika, die beispielsweise sowohl therapeutische als auch diagnostische Moleküle enthalten können. Das daraus resultierende Nanosystem wird die Diagnose, die Verabreichung von Medikamenten und die Überwachung der Wirkungen des Medikaments ermöglichen. Die Entwicklung solcher Systeme kann dazu beitragen, das Ziel individualisierter Therapien für verschiedene Krankheiten zu erreichen. Der Grund für die zunehmende Forschung im Bereich der personalisierten Nanomedizin liegt darin, dass Krankheiten wie Krebs äußerst heterogen sind und die bestehenden Behandlungen nur bei bestimmten Patienten und in einem bestimmten Stadium der Krankheit wirksam sind. Durch die Verabreichung eines theranostischen Wirkstoffs an einen Patienten kann überwacht werden, wie gut der Patient auf das Nanomedikament anspricht, da die bildgebenden Moleküle eine Echtzeit-Visualisierung der Wirkung des Medikaments ermöglichen. Auf diese Weise können die Medikamentendosierung und die Behandlungsprotokolle während der Nachsorge optimiert und individualisiert werden (EUON, 2021).

Auch die Forschung im Bereich der Nanotechnologie für die regenerative Medizin erstreckt sich auf mehrere Anwendungsbereiche, darunter die Entwicklung von Knochen- und Nervengewebe. So können beispielsweise neuartige Materialien entwickelt werden, die die kristalline Mineralstruktur des menschlichen Knochens nachahmen oder als Restaurationsharz für zahnmedizinische Anwendungen verwendet werden. **Forscher suchen nach Möglichkeiten, komplexe Gewebe zu züchten, mit dem Ziel, eines Tages menschliche Organe für Transplantationen zu züchten.** Die Forscher untersuchen auch, wie Graphen-Nanobänder zur Heilung von Rückenmarksverletzungen eingesetzt werden können. Erste Forschungsergebnisse zeigen, dass Neuronen auf der leitfähigen Graphenoberfläche gut wachsen (NNI, 2021).

Schließlich untersuchen Nanomediziner, wie die Nanotechnologie Impfstoffe verbessern kann, einschließlich der Verabreichung von Impfstoffen ohne den Einsatz von Nadeln. Die Forscher arbeiten auch an der Entwicklung **eines universellen Impfstoffgerüsts für den jährlichen Grippeimpfstoff, das mehr Stämme abdeckt und weniger Ressourcen für die alljährliche Entwicklung benötigt** (NNI, 2021).



So wird die Nanomedizin eine bessere Gesundheitsüberwachung ermöglichen, indem sie die Gesundheitstechnologien miniaturisiert, während die aufkommenden Nanomaterialien eine gezielte Verabreichung von Medikamenten und individualisierte Behandlungen ermöglichen, die im Kampf gegen verschiedene Krankheiten, einschließlich Krebs, hilfreich sein werden. Schließlich verspricht die Nanomedizin unglaubliche Innovationen wie die Züchtung menschlicher Organe für Transplantationen und die Entwicklung eines universellen Impfstoffgerüsts für den jährlichen Grippeimpfstoff.

Erinnere dich

Nanomedizin gegen Krebs

Nanotechnologen arbeiten an einer Reihe verschiedener Therapeutika, bei denen ein Nanopartikel die Krebszellen einkapseln oder auf andere Weise dazu beitragen kann, dass die Medikamente direkt zu den Krebszellen gelangen und das Risiko einer Schädigung des gesunden Gewebes minimiert wird. Dies hat das Potenzial, die Art und Weise, wie Ärzte Krebs behandeln, zu verändern und die toxischen Auswirkungen der Chemotherapie drastisch zu reduzieren.

3. Die Zukunft unserer Städte

Der Kampf gegen den Klimawandel erfordert neue Wege der Stromerzeugung und -nutzung, und die Nanotechnologie spielt dabei bereits eine wichtige Rolle. Der gemeinsame Nenner der großen Herausforderungen, vor denen die Menschheit in den nächsten 50 Jahren steht, ist die Energie, denn die Nutzung fossiler Brennstoffe hat bereits ihren Höhepunkt erreicht und wir suchen nach alternativen Energiequellen. (Williams & Adams, 2017). Eine der Herausforderungen ist die Energiespeicherung. Die Nanotechnologie hat dazu beigetragen, Batterien zu entwickeln, die mehr Energie für Elektroautos speichern können, und hat Solarzellen in die Lage versetzt, mehr Sonnenlicht in Strom umzuwandeln. Der gemeinsame Trick bei beiden Anwendungen ist die Verwendung von Nanotexturen oder Nanomaterialien (z. B. Nanodrähte oder Kohlenstoffnanoröhren), die eine glatte Ebene in eine dreidimensionale mit einer viel größeren Oberfläche verwandeln. Das bedeutet, dass mehr Raum für die Reaktionen zur Verfügung steht, die die Speicherung oder Erzeugung von Energie ermöglichen. Dadurch arbeiten die Geräte effizienter. In Zukunft könnte die Nanotechnologie auch Objekte in die Lage versetzen, Energie aus ihrer Umgebung zu gewinnen. Derzeit werden neue Nanomaterialien und Konzepte entwickelt, die das Potenzial haben, Energie aus

Bewegung, Licht, Temperaturschwankungen, Glukose und anderen Quellen mit hoher Umwandlungseffizienz zu gewinnen (Prodromaki, 2018).

Darüber hinaus werden derzeit Drähte mit Kohlenstoffnanoröhren entwickelt, die einen wesentlich geringeren Widerstand aufweisen als die derzeit im Stromnetz verwendeten Hochspannungsdrähte, wodurch der Verlust bei der Stromübertragung verringert wird. In ähnlicher Weise werden verschiedene nanowissenschaftliche Lösungen untersucht, um Abwärme in Computern, Autos, Häusern, Kraftwerken usw. in nutzbare elektrische Energie umzuwandeln (NNI, 2018).

Nanotechnologie kann auch in Solarpaneele eingebaut werden, um Sonnenlicht effizienter in Strom umzuwandeln, was in Zukunft kostengünstige Solarenergie verspricht. Nanostrukturierte Solarzellen könnten billiger in der Herstellung und einfacher zu installieren sein, da sie mit druckähnlichen Verfahren hergestellt werden können und in flexiblen Rollen statt in einzelnen Paneelen produziert werden können. Neuere Forschungen deuten darauf hin, dass zukünftige Solarwandler sogar ähnlich wie Wandfarbe "anstreichbar" sein könnten. (NNI, 2018).



Die Nanotechnologie wird sich auch auf die künftigen Infrastrukturen unserer Städte auswirken. Die Entwicklung von Nanolösungen von Aluminium, Stahl, Asphalt, Beton und anderen zementhaltigen Materialien sowie deren recycelten Formen bietet vielversprechende Möglichkeiten zur Verbesserung der Leistung, Widerstandsfähigkeit und Langlebigkeit von Straßen- und Verkehrsinfrastrukturkomponenten bei gleichzeitiger Senkung ihrer Lebenszykluskosten. Neue Systeme können innovative Fähigkeiten in herkömmliche Infrastrukturmaterialien integrieren, wie etwa **selbstreparierende Strukturen** oder die Fähigkeit, Energie zu erzeugen oder zu übertragen (NNI, 2018).

Nanobeschichtungen oder Nanoadditive haben sogar das Potenzial, Materialien bei Beschädigung oder Abnutzung zu "heilen". Die Verteilung von Nanopartikeln in einem Material bedeutet zum Beispiel, dass sie wandern können, um entstehende Risse zu füllen. Auf diese Weise könnten selbstheilende Materialien für alle Bereiche - von Flugzeugcockpits bis hin zur Mikroelektronik - hergestellt werden, die verhindern, dass kleine Risse zu großen, problematischeren Rissen werden (NNI, 2018).

Nanostrukturierte Optiken ermöglichen die Herstellung von Lichtquellen mit erweiterten Möglichkeiten zur Lenkung des Lichtkegels, wodurch die Effizienz erheblich verbessert und die Energiekosten gesenkt werden können. Lampen mit Nano-Optik lenken das Licht nur auf die Bereiche, in denen es benötigt wird. Die

Möglichkeit, jeden von der Lichtquelle ausgestrahlten Lichtstrahl genau zu kontrollieren, wird in Zukunft eine erhebliche Verringerung der Lichtverschmutzung in Städten ermöglichen.

Nanoskalige Sensoren und Geräte können eine kosteneffiziente kontinuierliche Überwachung der strukturellen Integrität und Leistung von Brücken, Tunneln, Schienen, Parkhäusern und Straßenbelägen ermöglichen. **Nanoskalige Sensoren, Kommunikationsgeräte und andere Innovationen, die durch Nanoelektronik ermöglicht werden, können auch eine verbesserte Verkehrsinfrastruktur unterstützen, die mit fahrzeugbasierten Systemen kommunizieren kann, um Fahrern zu helfen, die Spur zu halten, Kollisionen zu vermeiden, Reiserouten anzupassen, um Staus zu vermeiden, und die Schnittstellen der Fahrer zur Bordelektronik zu verbessern** (Prodromakis, 2018). Die Nanotechnologie verspricht also die Entwicklung multifunktionaler Materialien, die dazu beitragen werden, leichtere, sicherere, intelligenter und effizientere Fahrzeuge, Flugzeuge, Raumfahrzeuge und Schiffe zu bauen und zu warten. Darüber hinaus bietet die Nanotechnologie verschiedene Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur (NNI, 2018).

Erinnere dich

Die Zukunft sind selbstreparierende Strukturen

Nanobeschichtungen oder Nanoadditive haben sogar das Potenzial, Materialien bei Beschädigung oder Abnutzung "heilen" zu lassen.



Diese nanoskaligen Sensoren basieren auf neu erfundenen Nanomaterialien und Fertigungstechniken, die sie kleiner, komplexer und energieeffizienter machen. So können beispielsweise Sensoren mit sehr feinen Merkmalen in großen Mengen und zu geringen Kosten auf flexible Kunststoffrollen gedruckt werden. Dies eröffnet die Möglichkeit, Sensoren an vielen Stellen in kritischen Infrastrukturen zu platzieren, um ständig zu überprüfen, ob alles ordnungsgemäß funktioniert. Brücken, Flugzeuge und sogar Kernkraftwerke könnten davon profitieren (Prodromakis, 2018).

All diese Sensoren werden jedoch mehr Informationen liefern, als wir je zuvor zu verarbeiten hatten - wir brauchen also die Technologie, um sie zu verarbeiten und die Muster zu erkennen, die uns auf Probleme aufmerksam machen. **Das Gleiche gilt, wenn wir Big Data von Verkehrssensoren nutzen wollen, um Staus zu bewältigen und Unfälle zu vermeiden, oder wenn wir Verbrechen verhindern wollen, indem wir Statistiken nutzen, um Polizeiressourcen effektiver zuzuweisen** (Prodromakis, 2018).

Hier hilft die Nanotechnologie bei der Schaffung eines ultradichten Speichers, der es uns ermöglichen wird, diese Fülle von Daten zu speichern. Sie liefert aber auch die Inspiration für hocheffiziente Algorithmen zur Verarbeitung, Verschlüsselung und Übermittlung von Daten, ohne deren Zuverlässigkeit zu beeinträchtigen. In der Natur gibt es mehrere Beispiele für Big-Data-Prozesse, die von winzigen Strukturen effizient und in Echtzeit durchgeführt werden, wie z. B. die Teile des Auges und des Ohrs, die externe Signale in Informationen für das Gehirn umwandeln. Vom Gehirn inspirierte Computerarchitekturen könnten auch Energie effizienter nutzen und hätten daher weniger mit überschüssiger Wärme zu kämpfen - eines der Hauptprobleme bei der weiteren Miniaturisierung elektronischer Geräte (Prodromakis, 2018).

Die Verwendung von leichten, hochfesten Werkstoffen, die durch Nanotechnologie ermöglicht werden, ist für fast alle Verkehrsmittel geeignet. So wurde beispielsweise geschätzt, dass eine Gewichtsreduzierung eines Verkehrsflugzeugs um 20 Prozent den Treibstoffverbrauch um bis zu 15 Prozent senken könnte. Eine vorläufige Analyse, die im Auftrag der **NASA durchgeführt wurde, hat ergeben, dass die Entwicklung und Verwendung fortschrittlicher Nanomaterialien, die eine doppelt so hohe Festigkeit wie herkömmliche Verbundwerkstoffe aufweisen, das Gesamtgewicht einer Trägerrakete um bis zu 63 Prozent reduzieren würde.** Dies könnte nicht nur eine beträchtliche Menge an Energie einsparen, die für den Start von Raumfahrzeugen in die Umlaufbahn benötigt wird, sondern würde auch die Entwicklung von einstufigen Trägerraketen für die Umlaufbahn ermöglichen, was die Startkosten weiter senken, die Zuverlässigkeit der Missionen erhöhen und die Tür für alternative Antriebskonzepte öffnen würde (NNI, 2018)

Erinnere dich

Die Zukunft liegt im Weltraum

Die NASA hat darauf hingewiesen, dass die Entwicklung und Verwendung fortschrittlicher Nanomaterialien mit einer doppelt so hohen Festigkeit wie herkömmliche Verbundwerkstoffe das Bruttogewicht einer Trägerrakete um bis zu 63 % reduzieren würde. Dadurch könnte nicht nur eine erhebliche Menge an Energie eingespart werden, die für den Start von Raumfahrzeugen in die Umlaufbahn benötigt wird, sondern es würde auch die Entwicklung von einstufigen Trägerraketen für die Umlaufbahn ermöglichen, was die Startkosten weiter senken, die Zuverlässigkeit der Missionen erhöhen und die Tür zu alternativen Antriebskonzepten öffnen würde.



Schließlich untersuchen Forscher Kohlenstoffnanoröhren-"Wäscher" und Membranen zur Abscheidung von Kohlendioxid aus Kraftwerksabgasen. Außerdem entwickeln sie Drähte mit Kohlenstoffnanoröhren, die einen viel geringeren Widerstand aufweisen als die derzeit im Stromnetz verwendeten Hochspannungsdrähte, wodurch der Verlust an Übertragungsleistung verringert wird (NNI, 2018).

Kurz gesagt: In Zukunft wird die Nanotechnologie unsere Städte umgestalten, um die Versorgung mit erneuerbaren Energien und deren Speicherung sicherzustellen. Die Nanotechnologie wird selbstreparierende Strukturen und Sensoren im Nanomaßstab einführen, um alle lebenswichtigen Infrastrukturen unserer Städte wie Autobahnen, Brücken und Kraftwerke zu überwachen. Darüber hinaus wird die Nanotechnologie Mittel zur Speicherung und Verarbeitung der von den Sensoren gelieferten Daten bereitstellen, um die Sicherheit unserer Infrastrukturen und unserer Bürger zu gewährleisten. Und schließlich werden leichte und hochfeste Materialien, die durch Nanotechnologie ermöglicht werden, den Weg zu den Sternen ebnen, während Nanoröhrchen und Membranen für sauberere Luft sorgen werden.

Erinner dich
Die Zukunft ist saubere Luft
Forscher untersuchen Kohlenstoffnanoröhren-"Wäscher" und Membranen zur Abscheidung von Kohlendioxid aus Kraftwerksabgasen.

1. Wissen sichern

Zusammenfassung

Du hast das Ende der Lerneinheit 'Die Zukunft der Nanotechnologie' erreicht. Da es eine Menge zu lernen gab, finden Sie hier eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Dinge, die Sie zu diesem Thema gelernt haben:

Da die Weltbevölkerung zunimmt und wir mit dem Klimawandel sowie einem höheren Energie- und Wasserbedarf konfrontiert sind, wird der Druck auf die Nahrungsmittelproduktion und -verteilung steigen. Nanomaterialien und Nanotechnologie könnten in der Landwirtschaft der Zukunft eine wichtige Rolle spielen, insbesondere bei der Produktion von Nutzpflanzen. "Die nano-gestützte Landwirtschaft steckt noch in den Kinderschuhen, aber sie ist ein spannender und anspruchsvoller Bereich, der sich in naher Zukunft schnell entwickeln wird" (Pulizzi, 2019). Die Nanotechnologie wird uns also dabei helfen, mehr Menschen schneller und effizienter zu ernähren, und sie wird auch Innovationen bei der Verpackung unserer Lebensmittel hervorbringen.

Die Nanomedizin wird durch die Miniaturisierung der Gesundheitstechnologie eine bessere Gesundheitsüberwachung ermöglichen, während neue Nanomaterialien eine gezielte Verabreichung von Medikamenten und individualisierte Behandlungen ermöglichen werden, die im Kampf gegen verschiedene Krankheiten, einschließlich Krebs, hilfreich sein werden. Schließlich verspricht die Nanomedizin unglaubliche Innovationen wie die Züchtung menschlicher Organe für Transplantationen und die Entwicklung eines universellen Impfstoffgerüsts für den jährlichen Grippeimpfstoff.

Die Nanotechnologie wird unsere Städte umgestalten, um die Versorgung mit erneuerbaren Energien und deren Speicherung zu gewährleisten. Die Nanotechnologie wird selbstreparierende Strukturen und Sensoren im Nanomaßstab einführen, um alle lebenswichtigen Infrastrukturen unserer Städte wie Autobahnen, Brücken und Kraftwerke zu überwachen. Darüber hinaus wird die Nanotechnologie Mittel zur Speicherung und Verarbeitung der von den Sensoren gelieferten Daten bereitstellen, um die Sicherheit unserer Infrastrukturen und Bürger zu gewährleisten. Und schließlich werden leichte und hochfeste Materialien, die durch Nanotechnologie ermöglicht werden, den Weg zu den Sternen ebnen, während Nanoröhrchen und Membranen für sauberere Luft sorgen werden.

Referenzen

- Bose, D. (2021). How Agricultural Nanotechnology Will Influence the Future of Farming Sustainability. Abgerufen von: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=5647>
- EUON (2021). Future of nanomedicines. Abgerufen von: <https://euon.echa.europa.eu/future-of-nanomedicines>
- European Commission (2021). Nanotechnologie Abgerufen von: <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/nanotechnology>
- MacDonald, C. (2017) What is the future of nanotechnology in food. Abgerufen von: <https://www.fooddive.com/news/what-is-the-future-of-nanotechnology-in-food/446173/>
- National Nanotechnology Initiative (NNI) (2021) Applications of nanotechnology. Abgerufen von: <https://www.nano.gov/about-nanotechnology/applications-nanotechnology>
- Prodromakis, T. (2018) Five ways nanotechnology is securing your future. Abgerufen von: <https://phys.org/news/2016-03-ways-nanotechnology-future.html>
- Pulizzi, F. Nano in the future of crops. *Nat. Nanotechnol.* **14**, 507 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41565-019-0475-1>
- Rahman, T. (2020). The future of nanotechnology. Abgerufen von: <https://medium.com/predict/the-future-of-nanotechnology-accddc9822fb>
- Thiruvengadam, M., Rajakumar, G., & Chung, I. M. (2018). Nanotechnology: current uses and future applications in the food industry. *3 Biotech*, *8*(1), 74. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1104-7>
- Williams L. and Adams W. (2017) Nanotechnology Demystified. McGrawHill, 343 pages.