Die Erforschung der Nanowelt

Nanowissenschaft ist das Studium von Dingen, die extrem klein sind, viel kleiner als der Durchmesser eines Haares, sogar kleiner als ein Bakterium. Nanotechnologie hat viele Anwendungsmöglichkeiten, von der Entwicklung von Molekülen, die Medikamente an bestimmte Ziele im Körper bringen können, bis hin zur Verbesserung der Effizienz von Solarzellen. In München kommen Nanowissenschaftler aus verschiedenen Bereichen zusammen, um Ideen und Fachwissen auszutauschen - dank der Arbeit des Center for NanoScience.





Hennig

Geschäftsführerin, Center for NanoScience (CeNS), Ludwig-Maximilians-Universität München

Funder

Ludwig-Maximilians-Universität

Proiekt

CeNS ist ein Netzwerk von Nanowissenschaftlern in München

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

SPRICH WIE EIN ...

NANOWISSENSCHAFTLER

Base — in der DNA verbinden sich jeweils zwei Basenmoleküle, um den DNA-Doppelstrang zusammenzuhalten, wie die Sprossen einer Strickleiter

gung (auch: Diffraktion)

– der Prozess, bei dem eine Welle (Licht, Röntgen, Elektronen,...) beim Durchgang durch ein Material abgelenkt wird

Genom — der vollständige Satz des genetischen Materials eines Organismus

Leuchtdiode (LED) — eine Lampe, in der ein Halbleiter leuchtet, wenn eine Spannung angelegt wird

Mikroskopie — die vergrößerte Abbildung und Vermessung extrem kleiner Objekte

Solarzelle — ein elektronisches Bauelement, das Sonnenlicht in Elektrizität umwandelt

Spektroskopie — die Untersuchung der "Farben" des sichtbaren Lichts

Spektrum (Plural: Spektren)— Gesamtheit aller Wellenlängen, die in elektromagnetischer Strahlung – also auch Licht - enthalten ist

as ist das kleinste Objekt, das Du noch mit bloßem Auge erkennen kannst? Viele Wissenschaftler würden ein menschliches Haar nennen - ein einzelnes menschliches Haar hat eine Dicke von circa 0,02 bis 0,08 mm, also 20 bis 80 μ m. Um kleinere Objekte sehen zu können, brauchen wir Hilfsmittel, in der Regel in Form eines Mikroskops. Mit den leistungsstärksten Mikroskopen können Wissenschaftler heutzutage nicht nur die komplizierten Details eines menschlichen Haares sehen, sondern sogar einzelne Proteine und DNA-Moleküle - Objekte, die nur wenige Nanometer (1 μm = 1000 nm!) groß sind. Elektronenmikroskope erlauben sogar die Abbildung von Atomen.

Wie klein sind die Dinge im Nanobereich? Ein Nanometer (nm) ist eine Maßeinheit, die einem Milliardstel eines Meters oder 0,00001 mm entspricht. Nanoskalige Objekte sind also unglaublich winzig! In der Natur gehören dazu biologische Moleküle wie Proteine (typischerweise 3 bis 6 nm im Durchmesser) und DNA (ca. 2 nm

im Durchmesser), kleinste biologische Strukturen wie zum Beispiel Viren (20 bis 400 nm) und sogar einzelne Atome (0,1 bis 0,5 nm).

Was ist Nanowissenschaft?

Nanowissenschaft untersucht Objekte und Materialien im Nanobereich. Dabei wird eine Vielzahl von Analysetechniken eingesetzt, um Eigenschaften auf der Nanoskala zu beobachten und zu charakterisieren, wie z.B. die atomare Struktur, die Partikelgröße und die elektrische Ladung. Die Nanowissenschaft umfasst verschiedene wissenschaftliche Disziplinen: Physiker können die Struktur von Atomen bestimmen, Biologen können die Struktur von biologischen Molekülen beobachten, Materialwissenschaftler können die Eigenschaften neuer Materialien kontrollieren, und Computeringenieure können schnellere Elektronik entwickeln. Es gibt viele Zweige der Nanowissenschaft, darunter die Nanotechnologie (Anwendung der Nanowissenschaft in neuen Technologien) und die Nanomedizin (Nutzung

von Nanowissenschaft für medizinische Anwendungen).

Die Bedeutung von Zusammenarbeit in der Nanowissenschaft

Bei der Vielzahl von Themen und Anwendungen ist die enge Zusammenarbeit zwischen Nanowissenschaftlern aus verschiedenen Disziplinen von entscheidender Bedeutung für den Wissensaustausch und den Fortschritt auf diesem Gebiet. Diese Erkenntnis inspirierte die Gründung des Center for NanoScience (CeNS), eines Netzwerks von Nanoforschungsgruppen in München.

"CeNS ist ein interdisziplinäres Netzwerk von Wissenschaftlern, die den Nanobereich erforschen", erklärt Dr. Susanne Hennig, Geschäftsführerin des CeNS. "Unsere Aufgabe ist es, wissenschaftliche Kooperationen zu unterstützen, Nachwuchswissenschaftler auszubilden und die Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in technologische Anwendungen zu fördern."



Ein wichtiger Grund für die Unterstützung dieser Zusammenarbeit ist die Vielfalt der Disziplinen auf dem Gebiet der Nanoforschung. "Nanowissenschaftler manipulieren Materialien auf atomarer und molekularer Ebene, weshalb die Nanoforschung Physik, Chemie, Materialwissenschaft und Biologie miteinander verbindet", erklärt Susanne. Universitäten sind traditionell in verschiedene Fachbereiche gegliedert, die häufig auch räumlich getrennt sind. "Die Nanowissenschaft geht über diese traditionellen Grenzen hinaus, weshalb das CeNS Forscher aus Physik, Chemie, Biologie, Pharmazie und Medizin zusammenbringt."

Was tut das CeNS?

CeNS unterstützt die Zusammenarbeit zwischen Nanowissenschaftlern in der Region München, indem es eine 'Open-Lab'-Politik fördert. Wenn ein Wissenschaftler oder eine Forschungsgruppe Hilfe bei einem bestimmten Experiment benötigen (z.B. wenn sie nicht über die notwendigen Instrumente zur Durchführung des Experiments oder das Fachwissen zur Analyse der Ergebnisse verfügen), können sie sich an andere Gruppen im Netzwerk wenden. Derzeit gibt es 38 Forschungsgruppen im CeNS, die ihre Kompetenzen und Geräte untereinander teilen, was zu wissenschaftlichen Entdeckungen führt, die im Alleingang nicht möglich wären.

CeNS unterstützt Nachwuchswissenschaftler aktiv durch die Finanzierung von Projekten und die Veranstaltung von Workshops und Seminaren, in denen sie Schlüsselkompetenzen entwickeln, ihre zukünftige Karriere in den Nanowissenschaften planen und Kontakte zu anderen Forschern schließen können. "Unsere Nachwuchswissenschaftler sind die nächste Generation der führenden Köpfe in diesem Feld", sagt Susanne. "Ihre Arbeit treibt die Forschung am CeNS voran und deshalb ist es wichtig, dass wir ihnen hervorragende Bedingungen bieten, so dass sie ihre akademische Unabhängigkeit entwickeln können."

Wie profitieren Forscher vom CeNS?

"Wissenschaftliche Forschung ist so komplex, dass es für eine einzelne Forschungsgruppe unmöglich

ist, alles alleine zu machen", sagt Professor Alexander Urban von der Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU). "Unsere Forschung im Bereich der Optoelektronik profitiert stark von CeNS, da viele Wissenschaftler aus verschiedenen Forschungsgruppen sich gegenseitig ergänzendes Fachwissen und Werkzeuge zur Verfügung stellen, die unseren Projekten helfen. Auch wir bemühen uns, Experten für bestimmte Techniken zu werden, damit wir anderen Gruppen helfen können, Erkenntnisse für ihre eigene Forschung zu gewinnen."

"Die Mitgliedschaft bei CeNS hilft mir sehr", sagt Dr. Amelie Heuer-Jungemann vom Max-Planck-Institut für Biochemie, die durch CeNS verschiedene Kooperationspartner für ihre DNA-Origami-Forschung gefunden hat. Auch Amelies Forschung hat von der CeNS-Förderung profitiert. "Eines der Projekte hat zu sehr interessanten Ergebnissen geführt, die einen großen Einfluss auf die wissenschaftliche Gemeinschaft haben könnten, und diese Zusammenarbeit wäre ohne CeNS nicht möglich gewesen."

"CeNS schafft ein anregendes Umfeld für interdisziplinäre Forschung und die Zusammenarbeit von Gruppen mit unterschiedlicher wissenschaftlicher Expertise", sagt Dr. Evelyn Ploetz von der Fakultät für Chemie und Pharmazie der LMU. Evelyn und ihr Team haben ein neues bildgebendes System entwickelt, mit dem beobachtet werden kann, wie Nanomaterialien Moleküle lokal absorbieren - ein Ansatz, den andere Forschungsgruppen im CeNS nutzen könnten, um ihre eigenen experimentellen Systeme zu untersuchen. "CeNS hat diese Experimente durch die Unterstützung unserer Aktivitäten und Kooperationen erst möglich gemacht." Die Forschungsgruppe von Professor Knut Müller-Caspary, die ebenfalls an der Fakultät für Chemie und Pharmazie der LMU angesiedelt ist, entwickelt neue bildgebende Verfahren zur Untersuchung von Proben mit einem Transmissionselektronenmikroskop (TEM). "Für uns ist das CeNS der ideale Knotenpunkt, um wissenschaftliche Fragen aus Physik, Chemie, Materialwissenschaft und Biologie aufzugreifen, die mit dem TEM untersucht werden können", sagt er.

"Der Kontakt mit verschiedenen Personen, die an interdisziplinären Projekten beteiligt sind, ermöglicht es uns, eine Menge zu lernen, verschiedene Standpunkte zu hören und neuen Input für unsere Forschung zu erhalten", sagt Knut. "Das führt zu kreativen und innovativen Ideen."

"CeNS organisiert Konferenzen und Treffen, auf denen Nanowissenschaftler aus verschiedenen Forschungsgruppen zusammenkommen, um Ergebnisse und neue Ideen zu diskutieren", sagt Professor Tim Liedl von der Fakultät für Physik der LMU. "Meine Forschung profitiert von den vielfältigen Interaktionen mit dem CeNSNetzwerk. Knut wird mir zum Beispiel mit seinen hochmodernen TEM-Techniken helfen, atomare Details von DNA-Nanostrukturen abzubilden."

Von der Wissenschaft zur Industrie

Nanowissenschaft hat das Potenzial für viele technologische Anwendungen. Deshalb möchte CeNS seine Mitglieder dazu ermutigen, ihre wissenschaftlichen Entdeckungen aus den Universitäten heraus in die Industrie zu bringen. Um dies zu unterstützen, bietet CeNS Schulungen zum Thema Unternehmensgründung an, bringt Forschungsgruppen mit etablierten Spin-off-Unternehmen zusammen und bietet finanzielle Hilfen für Start-ups. "Im Laufe der Jahre haben CeNS-Mitglieder mehr als 15 Hightech-Unternehmen gegründet, die heute über 800 Menschen im Raum München beschäftigen", sagt Susanne. "Auf diese Weise hat CeNS der Gesellschaft etwas zurückgegeben und wir sehen dies als großen Erfolg unserer Arbeit."

Der Blick in die Zukunft

Seit seiner Gründung im Jahr 1998 hat das CeNS-Netzwerk ein Klima der Zusammenarbeit und des wissenschaftlichen Austauschs gefördert und die nächste Generation von Nanowissenschaftlern unterstützt. Dies hat zu einer Fülle von erfolgreichen interdisziplinären Projekten auf diesem Gebiet geführt. "Ich hoffe, dass CeNS auch in Zukunft eine Plattform für den Technologietransfer hin zu spannenden Anwendungen sein wird", sagt Susanne, "und dass sich aus fruchtbaren Kooperationen neue Forschungsideen entwickeln werden."

Die Kunst des Origami

ast Du schon mal die alte japanische Kunst des Origami ausprobiert? Mit einem einzigen Blatt Papier und einigen einfachen Falttechniken kannst Du zum Beispiel tolle Vögel und Blumen falten. Einige Nanowissenschaftler, wie Dr. Amelie Heuer-Jungemann und Professor Tim Liedl, verwenden ein ähnliches Prinzip, allerdings zum Falten von DNA-Molekülen. Amelie und Tim leiten beide Forschungsgruppen am CeNS, um Anwendungen von DNA-Origami zu erforschen.

Was ist DNA-Origami?

"Bei unserer Forschung falten wir kein Papier", erklärt Tim. "Stattdessen stellen wir einen rund 8000 Basen langen DNA-Strang her und falten ihn dann mit Hilfe von kurzen, circa 30 Basen langen DNA-Strängen in die gewünschten Formen."

Anders als beim Papier-Origami, bei dem die Kunst darin besteht, komplizierte Formen nur durch Falten und ohne Verwendung von Klebstoff zu erzeugen, muss der lange DNA-Strang (der so genannte "Gerüststrang") beim DNA-Origami mit "Klammern" zusammengehalten werden. "Diese Klammern sind genau wie die Heftklammern, mit denen Seiten von Papier zusammengehalten werden", erklärt Amelie. "Die kurzen DNA-Stränge sind die Klammern, die die lange Gerüst-DNA an bestimmten Stellen zusammenhalten. <u>Jede</u> DNA-Origami-Struktur benötigt einen eigenen Satz von circa 200 Klammern, wodurch wir Hunderte von verschiedenen Strukturen aus ein und demselben Gerüststrang erstellen können."

Dieser Gerüststrang, der für DNA-Origami verwendet wird, ist das Genom eines bestimmten Virus, das Bakterien infiziert (und für den Menschen harmlos ist). Da die Wissenschaftler die genaue DNA-Sequenz dieses Virus kennen und wissen, welche DNA-Basen sich miteinander verbinden können, können sie präzise planen, wie sich das Gerüst auf sich selbst faltet und mit den Klammern zusammengehalten wird.

"Die eigentliche Faltung des DNA-Origami geschieht von selbst in einer Salzlösung", erklärt Amelie. "Wir geben einfach den Gerüststrang und die entsprechenden DNA-Klammern in eine Salzlösung, erhitzen sie und lassen die DNA-Strukturen sich selbst zusammensetzen. Die vier Basen in der DNA eines jeden Organismus sind Adenin (A), Cytosin (C), Guanin (G) und Thymin (T).", Die Base A paart sich immer mit der Base T, und C paart sich immer mit G", erklärt Tim. "Anhand dieser Regel entwerfen wir Komponenten, die sich in der Lösung 'finden', was zur Selbstmontage der gewünschten Struktur führt. Die Selbstmontage ist das Gegenteil vom Aufbau von IKEA-Möbeln, bei denen man einem Bauplan folgt und die Einzelteile Stück für Stück zusammensetzt. Stattdessen werden sich die Hunderte von Milliarden von Bauteilen nach der Programmierung der Komponenten selbst zusammensetzen!"

Welche Rolle könnte DNA-Origami in der Biomedizin spielen?

Amelies Forschungsgruppe untersucht, wie DNA-Origami für biomedizinische Anwendungen wie die Verabreichung von Medikamenten genutzt werden kann. Beim Design einer DNA-Origami-Struktur hat Amelie nicht nur die volle Kontrolle über die Form und Größe des Moleküls und die genaue Position jeder Klammer, sondern kann die Struktur auch so anpassen, dass sie

sich mit anderen Molekülen verbinden oder Öffnungs- und Schließmechanismen bilden kann. "Wir können zum Beispiel mit DNA-Origami eine Art Schachtel entwerfen, die mit einem therapeutischen Molekül, etwa einem Medikament, gefüllt ist. Die "Schachtel" öffnet sich nur dann, wenn sie auf einen bestimmten Auslöser, etwa ein bestimmtes Enzym im Körper trifft", sagt sie. "Dies würde eine hochspezifische Verabreichung von Medikamenten ermöglichen."

Wie kann DNA-Origami die Farben von Schmetterlingsflügeln imitieren?

Tims Forschungsgruppe untersucht, wie DNA-Origami für den Aufbau kristalliner Strukturen verwendet werden kann. Die schönen Farben eines Schmetterlingsflügels sind das Ergebnis der faszinierenden optischen Eigenschaften von photonischen Kristallen. "Photonische Kristalle haben eine regelmäßige, periodische Struktur, die das Licht bestimmter Wellenlängen durchlässt, während sie andere Wellenlängen am Eindringen hindert und reflektiert", sagt Tim. Die photonischen Kristalle in den Flügeln eines Schmetterlings bilden die intensiven Farben, die wir wahrnehmen. "In unserer Forschung setzen wir DNA-Origami-Strukturen zusammen, die sich in alle Richtungen miteinander verbinden können (vorne, hinten, oben, unten, links und rechts)", sagt Tim. Wenn wir diese Bausteine mehrere Tage lang in einer Lösung stehen lassen, wachsen Kristalle, die die gewünschten Formen bilden. "Wir hoffen nun, die Nanobereiche der photonischen Kristalle von Schmetterlingsflügeln nachahmen zu können und Materialien zu erhalten, die ähnliche optische Eigenschaften aufweisen."

"DIE EIGENTLICHE FALTUNG DES DNA-ORIGAMIS GESCHIEHT VON SELBST IN EINER SALZLÖSUNG. WIR GEBEN EINFACH DEN GERÜSTSTRANG UND DIE ENTSPRECHENDEN DNA-KLAMMERN IN EINE SALZLÖSUNG, ERHITZEN SIE UND LASSEN DIE DNA SICH SELBST ZUSAMMENSETZEN."

DR. AMELIE HEUER-JUNGEMANN



Geldgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft

Ich habe mich schon immer dafür interessiert, wie Dinge funktionieren und war von Naturphänomenen fasziniert. Als ich jünger war, habe ich wissenschaftliche Bücher für Kinder regelrecht verschlungen, viele Wissenschaftssendungen im Fernsehen gesehen und davon geträumt, eines Tages den Nobelpreis zu erhalten.

Auf dem Gymnasium hatte ich einen tollen Chemie- und Biologielehrer, der mich dazu inspirierte, Chemie und Biochemie zu studieren. Als ich an der Universität zu studieren begann, war ich sofort gefesselt! Es war klar, dass ich mich für den Rest meines Lebens der Wissenschaft widmen wollte. Selbst wenn ich in einem auch mal stinkenden Chemielabor stehe und mein Laborkittel mit Flecken übersäht ist, könnte ich nicht glücklicher sein!

Es ist einfach cool, DNA-Origami zu entwerfen und faszinierend, die komplexen Strukturen durch ein Transmissionselektronenmikroskop zu beobachten. Jedes Mal, wenn ich eine perfekt gefaltete Struktur sehe, bekomme ich ein leichtes, kribbliges Glücksgefühl!

Forschung begeistert mich, denn ich mag es, Probleme zu lösen und erfolgreiche Ergebnisse zu sehen, wenn etwas endlich funktioniert. Ich hoffe, dass unsere Arbeit zur Entwicklung neuer Arzneimittel beitragen wird. Ich habe viele Ideen, und ich hoffe, dass zumindest einige davon der Gesellschaft zugutekommen werden.

Ich glaube, dass es noch viel zu entdecken gibt, wie man DNA-Nanotechnologie für biomedizinische, physikalische und computergestützte Anwendungen einsetzen kann. Das macht DNA-Nanotechnologie für mich zu einem besonders attraktiven Forschungsfeld.

Lerne Professor Tim Liedl kennen

Fakultät für Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München

Forschungsprojekt: DNA-Origami zur Konstruktion von photonischen Kristallen

Geldgeber: Europäischer Forschungsrat (ERC), Deutsche Forschungsgemeinschaft, Freistaat Bayern

Mein Interesse an der Physik hat sich im Laufe der Zeit entwickelt. In der Schule hat es mir Spaß gemacht, wenn es im Physikunterricht um Mechanik ging, vielleicht weil ich gerne mit Spielzeugflugzeugen und -autos spielte oder einfache Katapulte baute.



Ursprünglich wollte ich Arzt werden, also arbeitete ich in einem

Krankenhaus, um Erfahrungen zu sammeln. Das weckte mein Interesse an medizinischen Geräten, weshalb ich mich dann für ein Physikstudium entschied und Kurse in Biophysik und medizinischer Physik belegte, in der Hoffnung, Ultraschall- und Röntgengeräte zu entwickeln. Erst im letzten Jahr meines Studiums merkte ich, wie sehr mir die Arbeit in einem Labor gefiel.

Normalerweise tragen wir Wissenschaftler durch unsere Forschung hier und da ein kleines Stück zum Verständnis des großen Ganzen bei. Auf diese Weise bringt die wissenschaftliche Gemeinschaft das Wissen auf einem Gebiet gemeinsam voran. Die Beiträge meiner Forschungsgruppe zum größeren Feld der DNA-Nanotechnologie betreffen die Anordnung von Gold- (und anderen Metall-) Nanopartikeln mit Hilfe von DNA-Origami-Nanostrukturen.

Die DNA-Nanotechnologie bietet Physikern, Chemikern und Biologen viele komplexe Fragen. Wie bauen DNA-Moleküle solch definierte Strukturen auf? Können DNA-Nanostrukturen die Aktivität von katalytischen Reaktionen erhöhen? Können wir DNA-Strukturen nutzen, um Medikamente an bestimmte Ziele im Körper zu transportieren?

"Scaffold" DNA

"Staple" DNA

Die Physik zur Spektroskopie

S pektroskopie ist die Untersuchung uch Wechselwirkung von elektromagnetischer pektroskopie ist die Untersuchung der Strahlung (Licht) mit Materie. Durch die Analyse von Spektren elektromagnetischer Strahlung vor und nach der Wechselwirkung mit einer bestimmten Substanz können spektrale Veränderungen (z.B. aufgrund von Emission, Absorption oder Streuung) Informationen über die Zusammensetzung, die physikalischen Eigenschaften und die Struktur einer Substanz auf atomarer, molekularer und makroskopischer Ebene liefern. Verschiedene elektromagnetische Wellenlängen können zur Untersuchung unterschiedlicher Größenordnungen verwendet werden. Röntgenstrahlen beispielsweise liefern Daten über einzelne Atome und Elektronen, sichtbares Licht liefert Daten über die elektronische Konfiguration von Molekülen, und Infrarotstrahlung liefert Daten über die Molekularstruktur.

"Die Kombination von Spektroskopie mit Mikroskopen oder Teleskopen ermöglicht es Wissenschaftlern, Objekte vom Nanobereich bis hin zu astronomischen Distanzen zu untersuchen", sagt Dr. Evelyn Ploetz, die Laserlicht im sichtbaren bis nahen Infrarotbereich verwendet, um zu untersuchen, wie poröse Materialien Moleküle aufnehmen und abgeben.

Woran forscht Evelyn?

Evelyns Labor entwickelt hochspezialisierte Mikroskopiemethoden, indem sie Mikroskopie mit Spektroskopie kombiniert. Damit kann sie untersuchen, wie kleine Moleküle in Materialien auf molekularer Ebene aufgenommen und transportiert werden. In einem Projekt erforschen die Forscher in ihrem Labor die Aufnahme und Speicherung von Gas in porösen Materialien. "Dürreperioden stellen weltweit ein zunehmendes Problem dar, und metallorganische Gerüste (MOFs) sind eine vielversprechende Materialklasse, die Wasser aus der Atmosphäre aufnehmen könnte", erklärt Evelyn. "Wir entwickeln spektroskopische Techniken, um die Aufnahme und Abgabe von Wasser aus einzelnen MOF-Kristallen zu beobachten und zu quantifizieren. Dies soll helfen zu verstehen, wie Materialien für die Wassergewinnung konzipiert werden könnten."

Ein weiteres Projekt befasst sich mit dem Transport von Molekülen, wie Gasen oder Metaboliten, durch poröse Nanopartikel in Zellen. "MOF-Nanopartikel können aufgrund ihres äußerst flexiblen Designs als Träger für die Verabreichung von Medikamenten dienen", sagt Evelyn. Das Team kann zwar die Synthese der MOFs kontrollieren, damit sie in die Zellen gelangen. Es ist jedoch noch nicht klar, wie die Nanopartikel dann in der Zelle abgebaut werden, um ihre Ladung freizusetzen. "Wir wollen die chemische Zusammensetzung von MOF-Nanopartikeln in Zellen über die Zeit hinweg beobachten, um ihre Auswirkungen auf die Zellaktivität aufzuzeichnen", erklärt Evelyn.

Welche Erfolge hat Evelyn erzielt?

Evelyns Forschungsgruppe hat erfolgreich ein neues multimodales System für optische Spektroskopie und Bildgebung entwickelt, das mehrere spektroskopische und mikroskopische Techniken kombiniert, um molekulare Proben sowohl zeitlich als auch räumlich in 3D zu analysieren. Dies hilft dem Team nicht nur bei der Überwachung des Transports kleiner Moleküle, sondern wurde auch bereits erfolgreich zur Untersuchung von Mikroplastik in Meeresschwämmen und zur Beobachtung der zeitlichen Veränderungen in der Verteilung von Proteinen in Zellclustern eingesetzt.



Lerne Dr. Evelyn <u>Ploetz kennen</u>

Fakultät für Chemie und Pharmazie, Ludwig-Maximilians-Universität München

Forschungsprojekt: Angewandte Spektroskopie zur Untersuchung des Transports von Nanopartikeln

Geldgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft

Ich war schon immer ein kreativer Mensch mit einer Leidenschaft für Musik und Mathematik. Mein Interesse an der Astronomie hat mich dazu inspiriert, Physik zu studieren und Spektroskopikerin zu werden. Als ich in der Schule über die Entstehung von Sternen und Galaxien las, erfuhr ich, dass man mit Spektroskopie die Zusammensetzung und Bewegung von Sternen beobachten kann. Ich war fasziniert davon, wie man Objekte untersuchen kann, die wir weder erreichen noch berühren können, also wollte ich mehr über spektroskopische Techniken wissen.

Während meines Studiums habe ich mich in die Optik verliebt.

Ich erkannte, wie empfindlich und leistungsstark die Spektroskopie ist, um die Struktur von Molekülen zu untersuchen. Licht ist ein erstaunliches Phänomen! Es kann manipuliert und mit Mikroskopie kombiniert werden, um nicht-invasiv die innere Struktur von Materialien zu untersuchen. Die Spektroskopie ist universell und auf viele verschiedene Proben in Biowissenschaften, Materialwissenschaften und Technik anwendbar.

Moderne spektroskopische Techniken werden heute nicht nur in der Grundlagenforschung, sondern auch in der Industrie eingesetzt. Die Automobilindustrie beispielsweise nutzt Spektroskopie zur Untersuchung von Materialien, während die Pharmaindustrie sie zur Charakterisierung von Medikamenten einsetzt.

Die Natur *von Nanokristallen*



ann hast Du zuletzt auf den Bildschirm eines Handys geschaut oder eine LED-Lampe eingeschaltet? Wusstest Du, dass diese beiden elektronischen Geräte, zusammen mit weiteren (wie Lasern und Solarzellen), als Optoelektronik bezeichnet werden? "Optoelektronische Bauteile wandeln sichtbares Licht in elektrischen Strom um, oder erzeugen sichtbares Licht aus elektrischem Strom ", erklärt Professor Alexander Urban. Seine Forschungsgruppe nutzt die Nanospektroskopie, um zu untersuchen, wie Halogenid-Perowskit-Nanokristalle Effizienz und Nachhaltigkeit der Optoelektronik verbessern können.

Was ist Nanospektroskopie?

Bei der Nanospektroskopie werden spektroskopische Techniken im Nanobereich angewendet. "Objekte im Nanobereich sind zu klein, um sie mit einem gewöhnlichen Mikroskop zu sehen", sagt Alexander. "Bei der Nanospektroskopie müssen wir also neue Methoden entwickeln, um diese Materialien zu analysieren. Dabei können wir aus der Art und Weise, wie sie mit Licht wechselwirken, erkennen, wie die Materialien beschaffen und aufgebaut sind."

Was sind Halogenid-Perowskit-Nanokristalle?

Perowskit ist ein kristallines Mineral, das Kalzium, Titan und Sauerstoff enthält. Wenn ein Teil des Minerals aus Halogenid-Ionen (z.B. Chlorid, Bromid, Jodid) besteht, wird es als Halogenid-Perowskit bezeichnet, und einzelne Kristalle existieren im Nanobereich. "Halogenid-Perowskite interagieren sehr stark mit Licht", erklärt Alexander. "Ihre Größe und Form entscheiden darüber, mit welcher Farbe des Lichts bzw. mit welchem Teil des Lichtspektrums sie wechselwirken. Daher sind sie nahezu perfekte Materialien für die Entwicklung einer neuen Generation von effizienteren und nachhaltigeren optoelektronischen Bauteilen."

Woran arbeitet die Forschungsgruppe von Alexander?

Alexanders Forschungsgruppe verwendet Nanospektroskopie- und Mikroskopietechniken, um die Eigenschaften von neuartigen Materialien wie Halogenid-Perowskit-Nanokristallen zu untersuchen. Dazu gehören die Beobachtung des vom Material absorbierten und emittierten Lichts und die Untersuchung des Energie- und Ladungstransports in den Nanokristallen. Dies ist wichtig, um zu verstehen, wie man Strom aus Solarzellen und Licht aus LEDs erzeugen kann. "Wir positionieren auch einzelne Nanokristalle auf Substraten und kühlen sie auf -269 °C ab, um ihre energetische Struktur zu untersuchen und zu erforschen, wie sie von der Form und Größe der Nanokristalle beeinflusst wird", sagt Alexander. So kann sein Team zu nanotechnologischen Fortschritten in der Optoelektronik beitragen.

Die Eigenschaften von Halogenid-Perowskiten im Nanobereich machen sie zu einem idealen Material für optoelektronische Geräte wie Solarzellen und LEDs. © asharkyushutterstock.com





LerneProfessor Alexander Urban kennen

Fakultät für Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München

Forschungsprojekt: Einsatz der Nanospektroskopie zur Untersuchung der Eigenschaften von Halogenid-Perowskiten für die Optoelektronik

Geldgeber: Europäischer Forschungsrat, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst

Es war meine Grundschullehrerin, die mich für die Wissenschaft begeisterte und in mir die Faszination für Astronomie und die Erforschung des Weltraums weckte. Seitdem haben sich meine Interessen zwar von der Astrophysik zur Festkörperphysik verschoben, aber meine Leidenschaft für die Erforschung des Weltraums und die Sternenbeobachtung ist mir geblieben.

Das Gebiet der Nanospektroskopie ist sehr vielseitig und wird nie langweilig! Es liegt an der Schnittstelle zwischen Physik, Chemie, Technik und Biologie, sodass ich mit Menschen zu tun habe, die Forschung aus vielen verschiedenen Blickwinkeln betreiben. Das kann zwar einerseits eine Herausforderung sein, aber ist gleichzeitig auch sehr bereichernd, und diese neuen Perspektiven führen zu besseren Ergebnissen.

Es ist aufregend, an Materialien zu forschen, die noch nie zuvor hergestellt wurden, und mit Kollegen auf der ganzen Welt zusammenzuarbeiten. Unser Fokus auf energiebezogene Anwendungen bedeutet, dass unsere Forschung gesellschaftlich immer weiter an Bedeutung gewinnt.

Die Erforschung der atomaren Welt mit leistungsstarken Mikroskopen

ast Du im Biologieunterricht schon einmal durch ein Mikroskop geschaut, um die Merkmale einer Zelle zu betrachten? Mikroskope ermöglichen es uns, kleinste Details zu sehen. Besonders leistungsfähig sind Elektronenmikroskope, mit denen Wissenschaftler winzigste Details eines Materials beobachten können. "Mit der Transmissionselektronenmikroskopie können wir in das Innere von Atomen blicken", sagt Professor Knut Müller-Caspary.

Was ist ein Transmissionselektronenmikroskop?

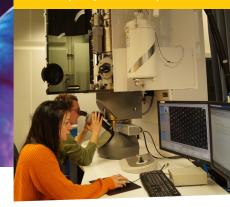
Ein Transmissionselektronenmikroskop (TEM) richtet einen Strahl hochenergetischer Elektronen (mit 70 % der Lichtgeschwindigkeit) auf eine Probe. Die Elektronen durchdringen das Material und erzeugen ein Bild der inneren Struktur der Probe, mit einer Auflösung von bis zu 0,05 nm. Die Bindungen zwischen Atomen haben eine Länge von etwa 0,1 bis 0,2 nm. Dies bedeutet, dass man mittels TEM die atomare Struktur der Materie beobachten kann.

Was erforscht Knuts Arbeitsgruppe? In Knuts Labor entwickelt sein Team Interpretationen der komplexen
Beugungsmuster, die entstehen, wenn ein
Elektronenstrahl im TEM auf ein einzelnes Atom
fokussiert wird. "Wir nutzen die Grundlagen der
Quantenmechanik, um das Beugungsmuster mit
dem elektrischen Feld im beleuchteten Volumen
in Beziehung zu setzen", sagt Knut. "Indem wir
den Elektronenstrahl über eine Probe scannen,
können wir die Verteilung des elektrischen
Feldes messen, das von den positiv geladenen
Protonen und den negativ geladenen Elektronen
in einzelnen Atomen erzeugt wird."

Was sind die Anwendungen von TFM?

"TEM hat eine Vielzahl von Anwendungen, unter anderem in der Nanotechnologie (um die Position und die Art der Atome in der Halbleiter-Optoelektronik zu bestimmen), in der Materialwissenschaft (um die atomare Struktur von Materialien zu charakterisieren) und in der Strukturbiologie (zum Beispiel um die molekulare Struktur von Viren aufzudecken)", erklärt Knut und hebt hervor, wie nützlich diese Technik für unser Verständnis der Materie ist.

Die Doktoranden Ziria Herdegen und Tizian Lorenzen betreiben das TEM und betrachten die atomare Auflösung ihrer Probe auf dem Bildschirm



Lerne Professor Knut Müller-Caspary kennen



Fakultät für Chemie und Pharmazie, Ludwig-Maximilians-Universität München

Forschungsgebiet:

Verbesserung von Techniken der Transmissionselektronenmikroskopie zur Untersuchung der atomaren Struktur von Materialien

Geldgeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft, EQAP One Munich, Hightech Agenda des Freistaats Bayern Als ich das erste Mal mit dem TEM arbeitete, brauchte mein Betreuer eine ganze Weile, um das Gerät einzustellen, und so verbrachte ich eine Stunde damit, einen langweiligen Nebel auf dem Bildschirm zu beobachten. Aber dann, plötzlich, mit einer Drehung des Fokusknopfes, verschwand der Nebel und enthüllte das atomare Muster eines Kristalls. Es war faszinierend, Atome in ultrascharfer Auflösung auf dem Bildschirm zu sehen, und meine Leidenschaft für die Entschlüsselung der atomaren Welt ist seither ungebrochen.

Das TEM spielt eine Schlüsselrolle in der Grundlagenforschung - es ist ein

Messinstrument und ein vielseitiges
Nanolaboratorium. Es ermöglicht es, das schönste
Experiment aller Zeiten (die Demonstration des
Welle-Teilchen-Dualismus) zu einer alltäglichen
Erfahrung zu machen. Welchen weiteren Grund
bräuchte man, um Elektronenmikroskopiker
zu werden?

Es ist der faszinierende Respekt vor dem Unbekannten, der meine Forschungsgruppe antreibt. Auf die Frage, warum sie sich für die Wissenschaft begeistern, antworten Mitglieder meiner Forschungsgruppe:

- "Neugierde ist für einen Wissenschaftler unerlässlich. Als Wissenschaftler verbringt man jeden Tag damit, neue Dinge zu lernen. Was könnte man sich mehr wünschen?!"
- "Ich habe schon immer Fragen gestellt. Warum sieht das Meer blau aus? Warum gibt der Akku meines Handys auf, wenn es kalt ist? Ich habe immer weiter gefragt und kam schließlich an einen Punkt, an dem niemand eine Antwort hatte. Das war der Moment, in dem ich beschloss, Wissenschaftlerin zu werden."
- "Die Wissenschaft ist der Schlüssel zum Verständnis der Welt um uns herum, und dieses Wissen ermöglicht es uns dann, die Welt zu unserem Vorteil zu gestalten. Als Wissenschaftler lernt man jeden Tag neu, wie man die Realität verstehen und gestalten kann!"

Über Nanowissenschaft

Werde aktiv und erfahre mehr über Nanowissenschaft

CeNS nimmt an ÖffentlichkeitsVeranstaltungen wie den Münchner
Wissenschaftstagen (forscha.de/) und
dem bundesweiten Girls' Day (www.
girls-day.de) teil. Am Girls' Day öffnen
Unternehmen und Institutionen ihre
Pforten für Schülerinnen. Das Programm
bei CeNS umfasst Laborbesuche,
praktische Experimente (z.B. das
Herstellen von Batterien aus Obst) und
Karrieregespräche mit Studentinnen
und Gruppenleiterinnen, um Mädchen
zu inspirieren und zu ermutigen, eine
Karriere in den Naturwissenschaften zu
einzuschlagen.

Das Max-Planck-Institut für Biochemie

bietet die Vortragsreihe 'Was Wissen schafft' an (www.biochem.mpg.de/en/news/publicseminars/wiss_jed). Einmal im Monat erklären Forscher des Instituts der Öffentlichkeit ihre Forschung auf eine für jedermann verständliche Weise.

Das Max-Planck-Institut für Biochemie beherbergt auch das MaxLab (www.bi.mpg.de/maxlab), ein interaktives, praxisnahes Wissenschaftslabor für Schulklassen und Besucher jeden Alters. Das MaxLab bietet Kurse zu verschiedenen wissenschaftlichen Themen an, die alle im Zusammenhang mit der aktuellen Forschung am Institut stehen.

Das Max-Planck-Institut für Biochemie verfügt über eine Vielzahl von Bildungsressourcen für Schulen zu einer Reihe von wissenschaftlichen Themen: www.max-wissen.de.

Die Fakultät für Chemie und Pharmazie der LMU organisiert jährlich einen Schülerinformationstag (www.cup.lmu. de/schuelerinfotag). Schüler können an Führungen durch die verschiedenen Forschungslabors teilnehmen, spannende Vorträge von Professoren und Studenten besuchen, Forschern bei der Durchführung faszinierender Experimente zusehen und sich über das Studium der Chemie, Biochemie und Pharmazie an der LMU informieren.

Kontaktiere die CeNS-Forschungsgruppen (www.cens.de/research/groups) oder die CeNS-Geschäftsstelle, wenn Du daran interessiert bist, einen Besuch oder ein Praktikum zu vereinbaren!

Der Weg von der Schule zur Nanowissenschaft

- "Eine solide Grundlage in Naturwissenschaften und Mathematik ist für die Nanowissenschaften unerlässlich", sagt Susanne, deshalb solltest Du diese Themen in der Schule möglichst vertiefen.
- Einige Universitäten bieten spezielle Studiengänge in Nanowissenschaften oder Nanotechnologie an.
- Da die Nanowissenschaften Physik, Chemie, Biologie und Ingenieurwesen miteinander verbinden, kannst Du Dich dem Gebiet aus jeder dieser Richtungen nähern. Je nach Deinen Interessen kannst Du Physik, Chemie, Molekularbiologie, Materialwissenschaften oder Ingenieurwesen studieren, um eine Karriere in den Nanowissenschaften zu beginnen.
- "Wenn Du Dich für Elektronenmikroskopie interessierst, brauchst Du solide Kenntnisse der Physik, insbesondere der Quantenmechanik, der Streutheorie, der Optik und der Elektrodynamik, um die Wechselwirkung zwischen Elektronen und einer Probe zu verstehen", erklärt Knut.
- "Die DNA-Nanotechnologie ist ein unglaublich interdisziplinäres Gebiet", sagt Amelie, "Du kannst also jedes naturwissenschaftliche oder physikalische Fach belegen und dann in die DNA-Nanotechnologie einsteigen."

Karrieren in der

Nanowissenschaft kennenlernen

- Als Nanowissenschaftler kannst Du an einer Universität oder in einem Unternehmen forschen. Viele Industriezweige benötigen Nanotechnologie, sodass Du beispielsweise in Pharma-, Biotechnologie- oder Halbleiterunternehmen arbeiten könntest.
- CeNS informiert über akademische und nicht-akademische Karrieren in den Nanowissenschaften: www.cens.de/careers
- Dieser englischsprachige Artikel von NanoTech News erklärt, was Nanowissenschaftler tun, wo sie arbeiten können und welche Fähigkeiten und Qualifikationen sie mitbringen müssen: www.nanotechetc.com/nanoscientist-education-andskills-needed-for-the-job
- Der englischsprachige Career Explorer bietet Informationen über Karrieren in der Nanotechnologie: www.careerexplorer.com/careers/nanotechnology-engineer