



**Innovationsallianz CNT –
Kohlenstoffnanomaterialien erobern
Märkte**



Inno.CNT
INNOVATIONSALLIANZ
CARBON NANOTUBES

Inhalt

Vorwort Dr. Annette Schavan	Seite 3
„Wir wollen unser Land an die Weltspitze der wichtigsten Zukunftsmärkte führen. Das ist das Ziel der „Hightech-Strategie für Deutschland“.	
Die Innovationsallianz CNT – Inno.CNT	Seite 4
Mit über 70 namhaften Partnern aus Wissenschaft und Industrie will die Allianz die Grundlagen eines Leitmarkts für Carbon Nanotubes (CNT) – Kohlenstoffnanoröhren und deren Anwendungen in Deutschland erarbeiten.	
Carbon Nanotubes – Kohlenstoffnanoröhren	Seite 6
Die mikroskopisch kleinen Kohlenstoffröhren verfügen über revolutionäre Eigenschaften und gehören zu den spektakulärsten Materialien des 21. Jahrhunderts.	
Interview Dr. Péter Krüger	Seite 7
„Kohlenstoffnanoröhren – CNT sind die Basis für Schlüsseltechnologien mit Signalwirkung für zahlreiche Branchen.“	
Energie & Umwelt: Innovationen für eine nachhaltige Ressourcennutzung	Seite 8
Fünf Projekte konzentrieren sich auf Anwendungen von CNT bei der Energiewandlung, Energiespeicherung und Energieeinsparung.	
Mobilität: modernste Werkstoffe für energieeffizienten Transport und Verkehr	Seite 10
Im Bereich Mobilität widmen sich vier Projekte neuen auf CNT basierenden Verbundwerkstoffen für Kraftfahrzeuge sowie die Luft- und Raumfahrt.	
Leichtbau: vielfältige Lösungen für konstruktive Anwendungen	Seite 12
Fünf Projekte erarbeiten ultrahochbelastbare Verbundmaterialien mit geringem Gewicht für konstruktive Anwendungsbereiche, z.B. für die Bauindustrie und für den Maschinenbau.	
Querschnittstechnologien – Grundlagen für alle Projekte	Seite 14
Drei übergreifende Projekte schaffen die technologischen Grundlagen für alle Anwendungsentwicklungen.	
Gesundheit, Umwelt, Sicherheit & Qualität	Seite 16
Im Zentrum des Querschnittsprojekts CarboSafe steht die Sicherheit von Mensch und Umwelt.	
Die Projektstruktur der Inno.CNT	Seite 17
Über 70 namhafte Partner aus Wissenschaft und Industrie engagieren sich in insgesamt 18 Projekten.	
Partner in der Inno.CNT und Impressum	Seite 18
Liste der beteiligten Partner.	



„Unser Land an die Weltspitze der wichtigsten Zukunftsmärkte zu führen, ist das erklärte Ziel der Bundesregierung.“



Von besonderer Bedeutung sind dabei Innovationen im Bereich der Umwelt- und Energietechnik, die einen Beitrag zur Lösung drängender Zukunftsaufgaben leisten sollen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert deshalb gezielt Werkstofftechnologien im Rahmenprogramm „WING – Werkstoffinnovation für Industrie und Gesellschaft“. Die Innovationsallianz „Kohlenstoffnanomaterialien erobern Märkte – CNT“, die im WING-Programm umgesetzt wird, erfüllt in besonderem Maße das Ziel der Hightech-Strategie, Initiativen der Industrie zu bündeln und Leitmärkte für neue Technologien zu etablieren. In dieser Allianz haben sich kompetente Partner aus Wissenschaft und Industrie zusammengefunden, die ein gemeinsames Ziel verfolgen: Sie wollen einer zukunftssträchtigen Technologie zum Durchbruch verhelfen und dadurch Wohlstand und Arbeitsplätze in Deutschland sichern. Zudem soll diese Initiative auch positiv auf Entwicklungen in anderen Branchen und Industriezweigen einwirken. Um den Erfolg langfristig zu sichern, will die Innovationsallianz CNT insbesondere auch junge Menschen für dieses attraktive Arbeitsumfeld mit ausgezeichneten Berufsperspektiven interessieren und begeistern.

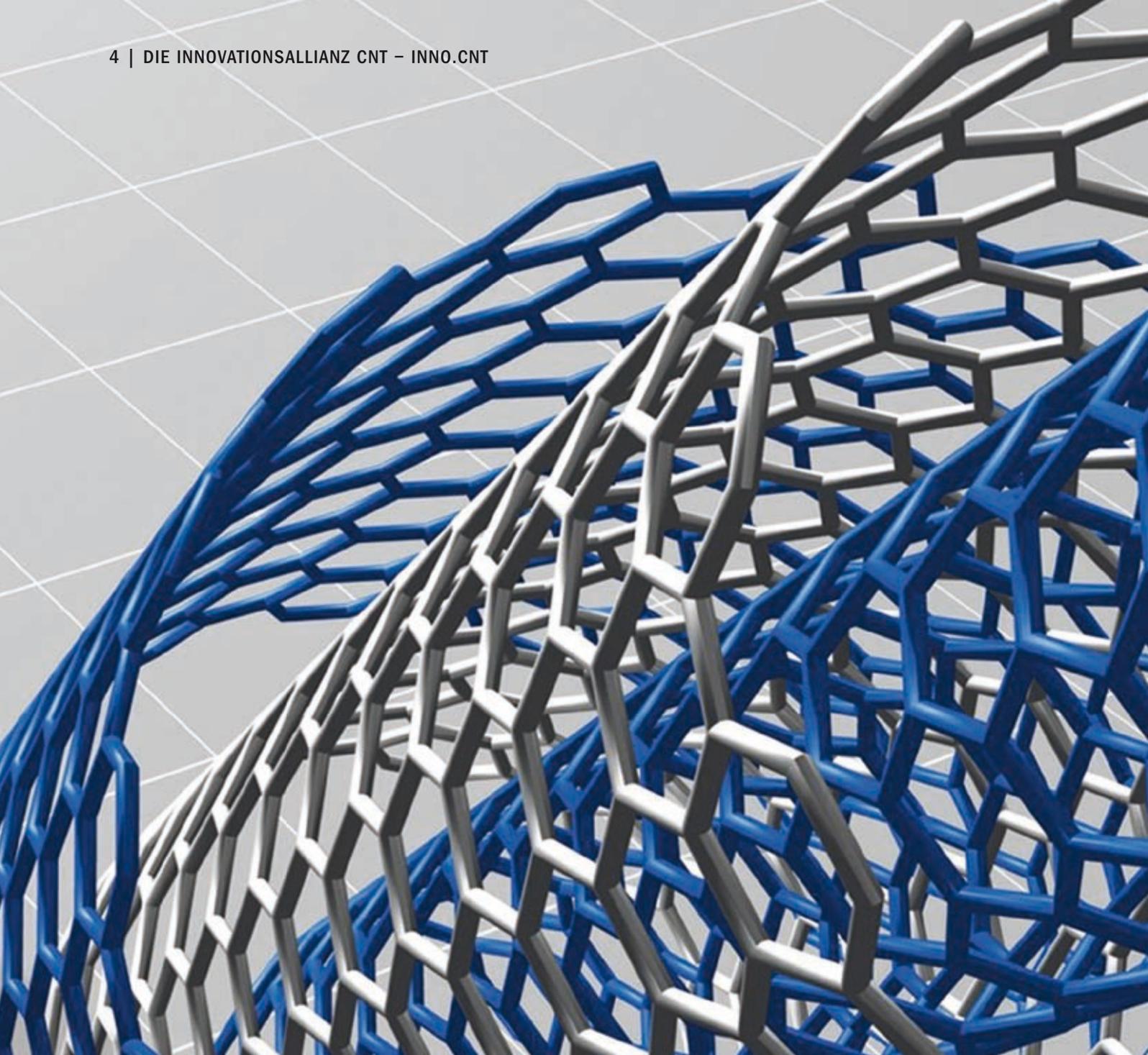
Die Förderung der Innovationsallianz CNT ist Ausdruck eines besonderen Engagements für mehr Wirtschaftswachstum in unserem Land und eine lohnende Investition in eine wissensbasierte Gesellschaft und damit in die Sicherung unserer Zukunft.

Dr. Annette Schavan, MdB
Bundesministerin für Bildung und Forschung



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Mit der „Hightech-Strategie für Deutschland“ hat die Bundesregierung das Signal gegeben, die Innovationskraft unseres Landes nachhaltig zu stärken. Über alle Politikfelder hinweg wurde eine nationale Strategie vorgelegt, die unser Land an die Weltspitze der wichtigsten Zukunftsmärkte führen soll. Kern der Hightech-Strategie ist es, die Kräfte von Wissenschaft und Wirtschaft zu bündeln und mit öffentlichen Mitteln ein Vielfaches an privaten Investitionen in Forschung und Entwicklung zu mobilisieren. Wissenschaft und Wirtschaft müssen eng zusammenarbeiten, um Ergebnisse der Forschung in marktfähige Produkte, Verfahren und Dienstleistungen einfließen zu lassen.



Die Innovationsallianz CNT – Inno.CNT: einzigartiges Bündnis aus Wissenschaft und Industrie in Deutschland



Inno.CNT
INNOVATIONSALLIANZ
CARBON NANOTUBES

Kohlenstoffnanoröhren – Carbon Nanotubes (CNT) sind Materialien, deren Nutzung weltweit einen Megatrend der Werkstofftechnologie mit faszinierenden Perspektiven auslöst. Als eng vernetzter Forschungsverbund mit über 70 namhaften Partnern aus Wissenschaft, Mittelstand und Großindustrie will die Innovationsallianz CNT in Deutschland die Grundlagen für einen Leitmarkt für diesen Werkstoff erarbeiten. Die Allianz schlägt eine Brücke zwischen wegweisender Technologie und praxisnahen Anwendungen. Sie entwickelt in 18 Projekten neben technologischen Grundbausteinen innovative Applikationen auf den Gebieten Energie & Umwelt, Mobilität sowie Leichtbau und wird dabei vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziell gefördert.

CNT können dazu beitragen, die mechanischen, elektronischen und thermischen Eigenschaften von Werkstoffen grundlegend zu verbessern.

CNT haben das Potenzial, völlig neue Werkstoffe und Produkte hervorzubringen, deren Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen mit bisheriger Technologie nicht realisierbar waren. Inno.CNT hat sich die Aufgabe gesetzt, die vielfältigen Anwendungen für CNT zu erschließen und für Deutschland in dieser Schlüsseltechnologie eine internationale Spitzenposition zu erarbeiten. Um das Marktpotenzial für CNT schnell und gezielt zu heben, fokussiert sich die Allianz auf Bereiche mit weltweit hoher wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Relevanz: So soll die Innovationsallianz CNT bei der Lösung dringender Probleme der umwelt- und klimaverträglichen Mobilität und der Energieversorgung einen signifikanten Beitrag leisten. Die Allianz ist Teil der Hightech-Strategie der Bundesregierung und wird im Rahmen des Programms „Werkstoffinnovation für Industrie und Gesellschaft (WING)“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung über einen Zeitraum von vier Jahren gefördert.

Inno.CNT steht für gemeinsame Lösungen mit erheblichen Synergieeffekten.

Zusammen besteht die Allianz aus 18 aufeinander abgestimmten Projekten. Drei davon erarbeiten Lösungen für die Herstellung, Funktionalisierung und Dispergierung von CNT, 14 Projekte verteilen sich auf die Anwendungsgebiete Energie & Umwelt, Leichtbau und Mobilität und ein Projekt befasst sich mit den Querschnittsthemen Gesundheit, Sicherheit und Qualität. Die besondere Stärke der Innovationsallianz CNT besteht in der intensiven Vernetzung aller 18 Projekte. Dadurch können hohe Synergien generiert und das Know-how der Partner untereinander effektiv genutzt werden. Vor allem das Zusammenspiel der projektübergreifenden Querschnittstechnologien mit den spezifischen Projekten in den drei Anwendungsfeldern bietet erhebliche Chancen. Durch einen klaren Anwendungs- und Marktbezug können die Forschungsergebnisse direkt in wirtschaftlich erfolgversprechende Lösungen übertragen werden.



Eine intensive Kooperation der Projektpartner gewährleistet praxisnahe Lösungen

Das hohe Technologiepotenzial von CNT kann die Wirtschaftsdynamik auch in vielen weiteren Industriebereichen entlang der Wertschöpfungskette beschleunigen.

Experten rechnen damit, dass mit CNT-basierenden Produkten und Anwendungen ein weltweiter Zukunftsmarkt in potenziell bis zu dreistelliger Milliardenhöhe erschlossen und damit etwa 100.000 neue Arbeitsplätze geschaffen werden können. Profitieren werden praktisch alle Industriebereiche. Zwei Beispiele: Die Automobilindustrie – mit Abstand der wichtigste deutsche Wirtschaftszweig – ist für 19% des Gesamtumsatzes der Industrie verantwortlich und macht zwei Drittel ihres Umsatzes von 236 Mrd. Euro im Ausland. Oder der Maschinenbau, mit gut 950.000 Beschäftigten und einem Produktionsvolumen von 190 Mrd. Euro (2008) der größte Industriearbeitgeber. Beide Industriebereiche arbeiten ständig an Innovationen, die auf neuen Werkstoffen basieren und mit denen sie ihre internationale Spitzenposition behaupten wollen. Hier ergeben sich durch CNT außerordentliche Perspektiven.



Forschung & Entwicklung gehören zu den Eckpfeilern von Inno.CNT

CNT: mikroskopisch kleine Kohlenstoffnanoröhren mit außergewöhnlichen Eigenschaften

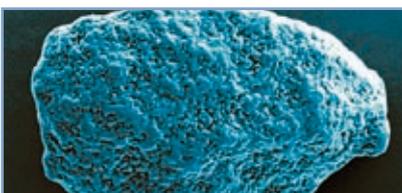
CNT gehören aufgrund einer Reihe von überlegenen Eigenschaften zu den spektakulärsten Materialien des 21. Jahrhunderts. Sie sind in der Lage, in der Werkstofftechnologie in vielen Bereichen neue Dimensionen zu eröffnen und damit innovative Produkte und Anwendungen hervorzubringen. In den letzten Jahren hat die Entwicklung von CNT und deren Anwendungen rasant zugenommen.

Überragende mechanische und elektronische Merkmale.

CNT sind mikroskopisch kleine Kohlenstoffnanoröhren, die als zusammengerollte Grafitlagen sowohl einwandig (SWCNT) als auch mehrwandig (MWCNT) auftreten können. Die Verwendung von CNT als ein besonderer Bereich der Nanotechnologie kann völlig neue Qualitäten in zahlreiche



Für viele Anwendungen werden sehr reine CNT benötigt.



Stark vergrößerte Agglomerate aus Kohlenstoffnanoröhren

Materialien und Produkte bringen. Die winzigen Röhren tragen dazu bei, sowohl die mechanischen als auch die elektronischen Eigenschaften von Werkstoffen grundlegend zu verbessern. Besonders eindrucksvoll sind die mechanischen Eigenschaften der Kohlenstoffnanoröhren. Bezogen auf ihr Gewicht haben sie rechnerisch eine bis zu 400-fach höhere spezifische Festigkeit als Stahl oder Aluminium und eine bis zu 20-fach höhere Festigkeit als Carbonfasern. Deshalb lassen sich mit CNT künftig hochfeste und ultraleichte Materialien fertigen, die heute so noch nicht realisierbar sind.

Darüber hinaus verfügen CNT über enorm hohe Leitfähigkeiten für den elektrischen Strom und für die Wärme. Wissenschaftliche Abschätzungen gehen davon aus, dass die Strombelastbarkeit von CNT etwa bis zu 1000-mal höher als bei Kupferdrähten ist. Die Wärmeleitfähigkeit liegt ungefähr doppelt so hoch wie bei Diamanten – dem besten bisher bekannten Wärmeleiter. Werden die hervorragenden Wärmeleitfähigkeiten und die elektronischen Eigenschaften bestimmter CNT kombiniert, könnten Transistoren gefertigt werden, die höhere Spannungen und Temperaturen – und damit höhere Taktfrequenzen – als Siliziumtransistoren aushalten. Erste experimentelle, funktionsfähige Transistoren aus CNT wurden bereits im Labor hergestellt.

Wer hat die CNT entdeckt und wie werden sie hergestellt?

Bereits seit etwa Mitte des vergangenen Jahrhunderts wurden von verschiedenen Autoren wissenschaftliche Erkenntnisse publiziert, die Kohlenstoffnanoröhren oder ähnliche Strukturen in unterschiedlichen Formen beschrieben. Allerdings erst die 1991 in der renommierten Zeitschrift „Nature“ publizierten Arbeiten des japanischen Wissenschaftlers Sumio Iijima führten zu einer breiten Beachtung dieser neuen Materialklasse in der wissenschaftlichen Welt. Es folgte anschließend eine weltweite Flut von Veröffentlichungen, Patentanmeldungen und Kommerzialisierungsansätzen zu den CNT.

Bislang gibt es prinzipiell drei wichtige Verfahren, um Carbon Nanotubes herzustellen: die Synthese in einer Lichtbogenentladung, die Herstellung durch Laserablation sowie die katalytisch induzierte chemische Umsetzung. In Deutschland erforschten Wissenschaftler die Herstellverfahren für die Carbon Nanotubes, deren Eigenschaften und mögliche Anwendungen schon sehr früh. Deshalb hat die deutsche Forschung heute eine sehr gute Position, die es im intensiven internationalen Wettbewerb zu erhalten und auszubauen gilt. Dieses Ziel verfolgt Inno.CNT.

Zukunftsvisionen in der Medizintechnik.

Weltweit arbeiten Forscher an immer leistungsfähigeren medizinischen Werkzeugen, Geräten und Instrumenten. Zur Umsetzung dieser Vision könnten CNT künftig einen entscheidenden Beitrag leisten – z. B. als Komponente in elektroreaktiven elastischen Materialien, etwa als sehr kleine und hochfeste Miniaktoren, die sich extrem energiearm betreiben lassen. Legt man an diese Miniaktoren eine geringe Spannung an, verändern sie wie ein Muskel die Form und können dadurch – in Gestalt eines kleinen Werkzeugs – mechanische Arbeit ausführen. Zusätzlich hat diese Verwendungsmöglichkeit von CNT neben der Medizintechnik ein weites Anwendungsfeld: in der Luft- und Raumfahrttechnik, der Feinwerktechnik, der Robotik und Automatisierung sowie der Automobilindustrie.

„Kohlenstoffnanoröhren – CNT sind die Basis für Schlüsseltechnologien mit Signalwirkung für zahlreiche Branchen“

Im Interview äußert sich Dr. Péter Krüger, Leiter des Projektclusters Inno.CNT, zu den Zielen und Chancen der Initiative. In dem Gespräch erläutert er auch, welche Anwendungen und Produkte mit CNT in naher Zukunft geplant sind und welche visionären Problemlösungen denkbar wären.

Wo liegen die Stärken der Innovationsallianz CNT und welche Ziele verfolgt die Initiative?

Dr. Péter Krüger: *Zunächst einmal ist in der Inno.CNT ein außergewöhnlich großer Kreis aus namhaften Industrieunternehmen, führenden Wissenschaftseinrichtungen und Hochschulgruppen vereinigt. Insgesamt wird die Allianz in 18 Projekten von über 70 Partnern getragen, die alle über weit anerkannte Kompetenzen verfügen. Zudem liegen in der Verbindung von Wissenschaft und Wirtschaft sowie in der projektübergreifenden Vernetzung der Partner entscheidende Stärken der Allianz. Damit sorgen wir einerseits dafür, dass Basistechnologien vorangetrieben und so die CNT für die unterschiedlichsten Anwendungen nutzbar gemacht werden können. Andererseits beschäftigen wir uns auch gleichzeitig mit aktuellen Fragestellungen der Industrie und schaffen so die Voraussetzungen für eine schnelle wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse für diese noch junge Werkstoffgeneration.*

Auf welche Anwendungsgebiete konzentriert sich Inno.CNT?

Dr. Péter Krüger: *Neben den Basistechnologien zur Herstellung, Funktionalisierung und Dispergierung der CNT fokussiert sich die Allianz auf spezielle Anwendungen in den Bereichen Energie & Umwelt, Mobilität sowie Leichtbau. Gerade hier liegen die großen, vor allem gesellschaftlichen aber auch wirtschaftlichen Herausforderungen: vom Klimaschutz über den schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen bis hin zu Fragen der modernen energieeffizienten Mobilität. Dabei müssen wir dafür sorgen, dass die erarbeiteten Ansätze stets sicher für Gesundheit und Umwelt realisiert werden können. Antworten können nur von Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam, d.h. durch eine intensive projektübergreifende Vernetzung der Partner, gefunden werden. Dies wäre bei der Durchführung von einzelnen voneinander unabhängigen Projekten nicht möglich. Ich bin mir sicher, dass von den Ergebnissen der Innovationsallianz CNT in der Folge auch andere Industriebereiche profitieren können – mit vielfältigen positiven Auswirkungen auf den Wirtschaftsstandort Deutschland.*

Welche neuen Anwendungsfelder können in Zukunft durch CNT erschlossen werden?

Dr. Péter Krüger: *Das volle Potenzial der Carbon Nanotubes für industrielle Anwendungen ist bisher nur in Ansätzen bekannt. Sicher ist, dass auf Basis der CNT eine Reihe neuartiger Werkstoffe mit deutlich verbesserten Eigenschaften für bekannte und neue Anwendungen hervorgebracht werden. Damit sind CNT die Basis für Schlüsseltechnologien, die als wichtiger Wertschöpfungsfaktor zahlreiche andere Branchen zukünftig beeinflussen werden. Die mit CNT denkbaren neuen Problemlösungen sind ungeheuer vielfältig und könnten sehr viele Produktbereiche betreffen. Das reicht von der Energieversorgung und Medizintechnik über die Informationstechnologie bis hin zur Vision von hochbelastbaren Tragseilen mit CNT, z. B. für Brücken oder für einen Weltraumlift.*



Inno.CNT Clusterleiter Dr. Péter Krüger

CNT: neue Chancen für den Umwelt- und Klimaschutz.

Das hohe Potenzial der Nanotechnologie bei der Lösung dringender Umweltprobleme ist international unumstritten. So hat das britische Umweltministerium im Mai 2007 eine erste Abschätzung des Potenzials von Nanotechnik für den Klimaschutz vorgelegt. Ergebnis: „Durch erhöhte Treibstoffeffizienz, verbesserte Dämmstoffe sowie Innovationen in der Fotovoltaik-, Energiespeicher- oder Wasserstofftechnik könnten die Treibhausgasemissionen Großbritanniens kurzfristig um bis zu zwei Prozent und bis 2050 um 20 Prozent sinken, verbunden mit einer ähnlichen Reduzierung der Luftverschmutzung“. Zu dieser verbesserten Umweltbilanz werden auch CNT einen wichtigen Beitrag leisten.

Energie & Umwelt: Innovationen für eine nachhaltige Ressourcennutzung



Inno.CNT
INNOVATIONSALLIANZ
CARBON NANOTUBES

Die Projekte im Anwendungsgebiet Energie und Umwelt konzentrieren sich auf spezifische Anwendungen der Energiewandlung, Energiespeicherung und Energieeinsparung. Dazu gehören beispielsweise Innovationen im Bereich der Brennstoffzellen- und Batterietechnologie, Membranen zur energiesparenden Meerwasserentsalzung und Gasseparation sowie auf CNT basierende leitfähige Tinten für die Solarzellenentwicklung.



Effiziente und nachhaltige Energietechnologien sind die bedeutende Herausforderung des 21. Jahrhunderts.

Eine sichere und wirtschaftliche Energieversorgung ist das Rückgrat jeder modernen Volkswirtschaft. Angesichts der Endlichkeit von Energieträgern, wie Kohle, Öl und Gas, ergibt sich ein großer Handlungsbedarf, um den Energiebedarf in Zukunft weltweit sicher zu decken. Ebenso groß ist angesichts der Gefahr eines einschneidenden Klimawandels die Herausforderung durch den Ausstoß klimawirksamer Treibhausgase bei der Nutzung fossiler Energiequellen. Zu dem zwingend erforderlichen Umbau der Energieversorgung will Inno.CNT einen signifikanten Beitrag leisten.

Inno.CNT entwickelt innovative Lösungen zur Energiewandlung.

Aufgrund ihrer Materialeigenschaften bieten CNT vielfältige Chancen, mit umweltverträglichen Technologien die Energieversorgung auf verschiedensten Gebieten erheblich zu optimieren. Beispiel ist das Inno.CNT-Projekt **CarboInk**: Hier werden innovative elektrisch leitfähige Tinten entwickelt, die neuartige Solarzellen ermöglichen werden. Diese Technologie macht das Herstellungsverfahren deutlich einfacher und verbessert gleichzeitig die Leitfähigkeit und mechanische Beständigkeit von z. B. flexiblen Solarzellen. Dadurch wird die fotovoltaische Nutzung der Sonnenenergie nicht nur preiswerter, sondern auch wesentlich effizienter. Bei den Inno.CNT-Projekten **CarboFuel** und **CarboPlate** stehen Verbesserungen der Brennstoffzellentechnologie im Fokus. Durch die Entwicklung neuartiger Bipolarplatten und Gasdiffusionsschichten lassen sich hier richtungweisende Fortschritte erzielen, die einen wirtschaftlich rentableren Einsatz der Brennstoffzelle ermöglichen – beispielsweise in der umweltfreundlichen dezentralen Wärme- und Stromproduktion in Häusern oder beim Bau von elektrisch angetriebenen Automobilen.

CNT können bei der Energiespeicherung und Energieeinsparung bedeutende Akzente setzen und helfen, die Meerwasserentsalzung zu verbessern.

Auch bei der Energiespeicherung und Energieeinsparung können CNT zu wesentlichen Verbesserungen beitragen. So erarbeitet das Inno.CNT-Projekt **CarboPower** neuartige Lithium-Ionen-Batterien, die durch den Einsatz von CNT bei der Zyklenstabilität, im Hochstromverhalten und in der Energiedichte bedeutend wirkungsvoller werden. Dadurch können in unterschiedlichsten Einsatzbereichen neue Anwendungen von Hochleistungsbatterien möglich werden – beispielsweise in modernen Elektrofahrzeugen oder als effizienter Zwischenspeicher bei der Nutzung erneuerbarer Energien, wie z. B. der Windkraft. Einen Beitrag für eine sichere Trinkwasserversorgung in weiten Teilen der Erde will das Inno.CNT-Projekt **CarboMembran** leisten. Mit CNT sollen neuartige Membranen entwickelt werden, die bei der Meerwasserentsalzung und bei der Gastrennung von CO₂ entscheidende Rollen spielen. Diese Membranen arbeiten viel energieeffizienter und mit deutlich höherer Produktivität als bisher bekannte Systeme.



Erneuerbare Energien profitieren von CNT-basierten Werkstoffen

CNT können dabei helfen, die Abhängigkeit von teuren Importenergien zu reduzieren.

Weitere Fortschritte bei der alternativen Energiewandlung helfen Deutschland, den Wohlstand in breiten Bevölkerungskreisen zu sichern. Zum einen begrenzen sie den Kauf von teurer Importenergie. Zum anderen können in Deutschland Arbeitsplätze gesichert und neu geschaffen werden, indem beispielsweise Technologien für klimaschonende Energiesysteme ins Ausland exportiert werden. Zu diesen Technologien können CNT entscheidende Impulse liefern.

Brennstoffzellen als Basis für eine dezentrale, klimaschonende Energieversorgung.

CNT können der Entwicklung der Brennstoffzelle starke Impulse geben. So schätzen Fachleute, dass bis zum Jahr 2025 durch die leise Brennstoffzellenrevolution eine Ära der dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung beginnen wird. In vielen Haushalten stehen dann kleine Brennstoffzellenkraftwerke. Die Gerätebauer bieten Energiezentralen im Kleinformat für die Eigentumswohnung an und auch Fahrzeuge werden verstärkt mit Brennstoffzellen ausgerüstet. Die Chancen für Umwelt- und Klimaschutz sowie für die wirtschaftliche Entwicklung sind enorm. CNT können dazu einen wichtigen Beitrag leisten.

Mobilität: modernste Werkstoffe für energieeffizienten Transport und Verkehr



Inno.CNT
INNOVATIONSALLIANZ
CARBON NANOTUBES

Im Bereich Mobilität stehen neue Verbundwerkstoffe für Kraftfahrzeuge, Luft- und Raumfahrt im Vordergrund. Hier können CNT neue Werkstoffeigenschaften möglich machen, die im Transportsektor zu erheblichen Fortschritten bei Energieeffizienz, Umwelt- und Klimafreundlichkeit führen. Inno.CNT konzentriert sich auf extrem leichte und hochfeste Werkstoffe, die beispielsweise im mechanisch hoch beanspruchten Flugzeugrumpf eingesetzt werden und im Satellitenbau von großer Bedeutung sind. CNT ermöglichen aber auch vielfältige Innovationen bei der Gestaltung von Karosseriestrukturen und Oberflächen von Automobilen.

Energieeffiziente Werkstoffe unterstützen eine umweltgerechte Mobilität.

Modernes Leben ist ohne Mobilität nicht denkbar. Aber die Verkehrs- und Transportsysteme müssen ständig an die veränderten Bedürfnisse der Menschen, der Märkte und der Umwelt angepasst werden. Neben den Anforderungen an einen effizienten Umweltschutz spielt die Sicherheit der Verkehrsträger eine zentrale Rolle. Hier können innovative Hochleistungswerkstoffe entscheidende Impulse geben.



CNT machen ultraleichte Verbundwerkstoffe zum Einsatz in Flugzeugen möglich

Innovative CNT-basierende Werkstoffe können zu einer verbesserten Energiebilanz im Mobilitäts- und Transportsektor beitragen.

Auf CNT basierende Werkstoffe haben revolutionäre Materialeigenschaften. Sie sind wesentlich leichter als Aluminium und erreichen gleichzeitig eine sehr hohe Stabilität sowie Festigkeit. Deshalb werden sie in Zukunft in Kraftfahrzeugen sowie in der Luft- und Raumfahrt eine Schlüsselrolle spielen und technische Lösungen ermöglichen, die heute noch nicht realisierbar sind. So werden sich die Gewichtseinsparungen direkt durch deutlich reduzierten Energieverbrauch sowie durch entsprechend geringere Emissionen niederschlagen – und das ohne Kompromisse bei Sicherheit und Komfort.

Hochleistungswerkstoffe auf CNT-Basis stärken die Innovationskraft in einem der wichtigsten deutschen Industriebereiche.

Der Transport- und Mobilitätssektor ist in Deutschland einer der Grundpfeiler für Wirtschaftskraft, Exportfähigkeit und Wohlstand. Nahezu jeder siebte Arbeitsplatz hängt hierzulande direkt und indirekt an der Fahrzeugindustrie, sodass die Stärkung dieses Wirtschaftszweigs durch Innovationen auch für den Standort Deutschland eine unverzichtbare Bedeutung hat. Hier bieten die Hightech-Werkstoffe auf Basis von CNT, die im Anwendungsbereich Mobilität konkretisiert und vorangetrieben werden, interessante Perspektiven. Sie beschleunigen die Innovationsfähigkeit, indem die Produktqualität erheblich verbessert wird. Gleichzeitig haben sie eine hohe

Umwelt- und Klimarelevanz. Robuste und ultraleichte Verbundwerkstoffe für Karosserieteile können beispielsweise im Automobilbau für eine verbesserte Energiebilanz bei hoher Sicherheit und bestem Komfort sorgen. Fortschritte, die hier erreicht werden, haben zudem ein großes Potenzial in anderen Anwendungen – beispielsweise für eine umweltfreundlichere Luftfahrt oder bei der Konstruktion von effizienteren großen Windkraftanlagen mit neuen Verbundmaterialien.

Inno.CNT-Projekte im Bereich Mobilität mit großem Anwendungspotenzial.

Um das Innovationspotenzial von CNT für den Mobilitätsbereich gezielt freizusetzen, treibt die Inno.CNT in vier Projekten anwendungsbezogene Lösungen für eine moderne umweltfreundliche Mobilität konsequent voran. So werden in den Projekten **CarboAir** und **CarboCar** neuartige Verbundwerkstoffe entwickelt, die im Flugzeug- bzw. Automobilbau zum Einsatz kommen sollen. Das Projekt **CarboSpace** ist auf die Entwicklung von Materialien fokussiert, die den enorm hohen Beanspruchungen in der Raumfahrt Rechnung tragen. Dadurch können beispielsweise auch signifikante Verbesserungen im Satellitenbau realisiert werden. Und das Projekt **CarboRoad** ist auf die Produktion von CNT-verstärkten Kunststoffen spezialisiert, die ein breit gefächertes Nutzungspotenzial aufweisen.

CNT ermöglichen wirtschaftlichen und klimafreundlichen Straßen- und Flugverkehr.

Der Einsatz von Kunststoffen in Pkws spart in Deutschland schon heute jährlich mehr als 400 Mio. Liter Kraftstoff und reduziert damit Treibhausgasemissionen um etwa 1,2 Mio. Tonnen CO₂. Neue synthetische Werkstoffe mit integrierten CNT eröffnen vielfältigste Möglichkeiten weiterer Gewichtsreduktionen ohne Abstriche bei Sicherheit oder Komfort. So haben z. B. nanostrukturierte Schäume bei besonders beanspruchten Teilen die doppelte Biegefestigkeit bei halbem Gewicht. Auch im Flugzeugbau lässt sich das Gewicht durch Werkstoffe aus CNT-Basis signifikant reduzieren – mit allen positiven Folgen im Energieverbrauch und in der Umweltbilanz. Zusätzlich sind CNT-basierende Materialien aufgrund der mechanischen Stabilität, des geringen Gewichts sowie der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit eine interessante Option in der Raumfahrt, wie z. B. im Satellitenbau.



Leichtbau: vielfältige Lösungen für konstruktive Anwendungen



Inno.CNT
INNOVATIONSALLIANZ
CARBON NANOTUBES

Großes Innovationspotenzial haben CNT auch im Leichtbau: So werden in diesem Anwendungsbereich hochfeste CNT-basierte Partikelschäume entwickelt, damit Sicherheitselemente z. B. in Fahrzeugen oder in Schutzanzügen noch besser großen Belastungen standhalten. Ein weiteres Beispiel für die Anwendung von CNT in diesem Gebiet ist ein Spezialbeton, der deutlich höhere Stabilität und Elastizität ermöglicht. CNT schaffen dadurch zusätzliche konstruktive Gestaltungsmöglichkeiten etwa beim Bau von sehr schlanken und hohen Gebäuden und ermöglichen auch Bauten mit sehr hohem Erdbebenschutz.



Leichtbauwerkstoffe auf CNT-Basis werden in nahezu allen Branchen hohe Relevanz haben.

Inno.CNT hat sich im Arbeitsbereich Leichtbau in fünf Projekten zum Ziel gesetzt, leichte Kunststoffe und Verbundwerkstoffe, Ultrahochleistungs-beton sowie mechanisch hoch belastbare Metalle zu entwickeln. Die Ergebnisse dieser Aktivitäten werden zu vielfältigsten Anwendungen in unterschiedlichsten Branchen und Anwendungen führen. Da zwei Drittel aller Produktneuentwicklungen ganz oder teilweise von Materialeigenschaften abhängen, haben die Innovationen aus den Projekten im Gebiet Leichtbau ein hohes Marktpotenzial. Insbesondere bei Produkten und Lösungen der Bauindustrie herrschen ständig steigende Qualitätsanforderungen bei gleichzeitig hohem Kostendruck, sodass hier aus der Kombination von neuen Materialien und deren verbesserter Verarbeitung neue Systemlösungen entstehen werden.



Hochleistungsbeton auf CNT-Basis erweitert architektonische Gestaltungsmöglichkeiten

Wegweisende Neuentwicklungen mit CNT im Leichtbau verfügen über hohes Marktpotenzial.

Die Entwicklung von neuen hochfesten Partikelschäumen mit CNT, beispielsweise für die Steigerung der passiven Sicherheit im Fahrzeugbau und die Fertigung von Schutzausrüstungen, werden im CNT-Projekt **CarboProtekt** entwickelt. Sie sind in der Lage, in erheblichem Maß Deformationsenergie zu absorbieren und können in der Folge für ein deutliches Plus an Sicherheit sorgen. Darüber hinaus entwickeln die Inno.CNT-Projekte **CarboTube** und **CarboElast** Kunststoffteile für den Baubereich sowie Dichtungen auf Basis von Elastomeren. Die Werkstoffe weisen durch CNT deutliche Vorteile in

Bezug auf Reibung, Schmierung und Verschleiß auf und bieten verbesserte elektrische und mechanische Eigenschaften. Ein weiteres Projekt der Innovationsallianz ist **CarboMetal**. Hier werden CNT festigkeitssteigernd in Metalle – vor allem in Leichtmetalle integriert. Durch neue Legierungen werden vielfältige Materiallösungen bei mechanisch hoch belasteten Bauteilen möglich.



CNT können den Fahrzeugbau revolutionieren

Hochleistungsbeton auf CNT-Basis sorgt für mehr Stabilität, höhere Sicherheit und eröffnet neue Dimensionen in der Architektur.

Inno.CNT entwickelt im Projekt **CarboBau** einen Ultrahochleistungsbeton, bei dem CNT zu einer erhöhten Stabilität und Elastizität dieses vielseitigen Baumaterials beitragen. Damit werden grazile und gleichzeitig stabile Betonbauten möglich, die der Architektur neue Designmöglichkeiten eröffnen. Mit Ultrahochleistungsbeton könnten Wolkenkratzer oder Brückenbauten geschaffen werden, die heute in solchen Formen und Größenordnungen noch nicht realisierbar sind. Dieser neue Werkstoff ermöglicht zudem einen deutlich besseren Schutz der Bauten vor Erdbeben, die in vielen Regionen der Welt eine ständige Gefahr vor allem für Ballungszentren sind.



Neue Perspektiven mit CNT-basierten Verbundwerkstoffen

Erdbebensichere Gebäude durch hochstabilen Beton mit CNT werden in vielen Regionen der Welt gebraucht.

Naturkatastrophen führen häufig zu unübersehbaren Tragödien und belasten die Volkswirtschaften weltweit immer stärker. Allein im ersten Halbjahr 2008 verursachten sie Schäden von rund 50 Milliarden Dollar, wobei Erdbeben eine der Hauptursachen sind. Zunehmend erdbebensicher zu bauen ist deshalb eine große Herausforderung für viele Länder rund um den Globus.

Extrem leichte, aber hochstabile CNT-basierte Werkstoffe bringen Ideen zum Abheben

Ein Beispiel von unendlich vielen Möglichkeiten: die microdrones – kleine fernsteuerbare Flugobjekte, die durch extrem leichte, aber hochstabile CNT-basierte Werkstoffe bei nur 3,6 kg Eigengewicht eine Nutzlast der rund 1,2 kg tragen können – z.B. eine Kamera für die Inspektion von hohen Gebäuden, Brücken, Windrotoren, zum Aufspüren von Brandherden oder für die „hautnahe“ Berichterstattung von Sportereignissen wie etwa Skirennen.

Forschungs- und Entwicklungsziele in Querschnittsprojekten mit handfestem Nutzen für Mensch, Umwelt und Gesellschaft



Inno.CNT
INNOVATIONSALLIANZ
CARBON NANOTUBES

Eckpfeiler der Innovationsallianz CNT sind die Querschnittstechnologien, die in drei übergreifenden Projekten bearbeitet werden. Zentrale Aufgabe ist es hier, die technologischen Grundlagen für Anwendungsentwicklungen zu schaffen und CNT sowie Zwischenprodukte mit CNT in ausreichender Menge, Modifikation und Qualität zur Verfügung zu stellen. Im Fokus stehen dabei drei Bereiche: die Katalysator- und Herstelltechnologie, die Modifizierung und Funktionalisierung sowie die Dispergierung der Kohlenstoffnanoröhren.

CarboScale: Grundlagen zur gezielten CNT-Produktion in höchster Qualität.

Die technische Herstellung von CNT in hoher Reinheit und guter Qualität steht im Mittelpunkt des Projekts **CarboScale**. Dabei spielt die Entwicklung von modernen Generationen hochaktiver Katalysatoren für das sogenannte Wirbelschichtverfahren eine Schlüsselrolle. Mit dieser Methode lassen sich gezielt neuartige CNT-Strukturen entwickeln, die exakt auf die Bedürfnisse in speziellen Anwendungen zugeschnitten sind. Dazu gehören beispielsweise ein- und zweiwandige CNT sowie Agglomerate von Kohlenstoffnanoröhren mit leicht dispergierbarer Struktur. Da die Katalysatoren einen wesentlichen Einfluss auf die Morphologie und Produkteigenschaften der CNT haben, müssen hier verbindliche technische Standards geschaffen werden, die eine Produktion von erforderlichen Mengen in maßgeschneiderter und gleichbleibender Qualität sicherstellen. Darüber hinaus beschäftigt sich das Projekt CarboScale intensiv mit Verfahrenstechnologie. Hier gilt es, Katalysatoren, Reaktoren und Betriebsbedingungen optimal aufeinander abzustimmen und in kontinuierlichen Versuchsabläufen eine endgültige Abstimmung zu erreichen.



Die Querschnittstechnologien sind die Basis für anwendungsorientierte Lösungen

CarboFunk: maßgeschneiderte CNT-Oberflächen für optimale Einbindung der CNT in das umgebende Material.

Damit CNT ihre hervorragenden elektrischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften auch in großem Maßstab zeigen, ist eine maßgeschneiderte Verbindung zwischen der Kohlenstoffoberfläche und dem umgebenden Material unerlässlich. Diese Verbindung ist für jeden Stoff spezifisch. Häufig ist es sogar so, dass die

anvisierte Anwendung die Verbindung bestimmt, sodass für ein und dasselbe Material unterschiedliche Oberflächen und damit Anbindungen notwendig werden. Mit der Lösung dieser Herausforderung beschäftigt sich das Projekt **CarboFunk**. Kernaufgabe ist es, CNT zu funktionalisieren – das heißt, die Oberfläche von CNT chemisch so anzupassen, dass sie in die unterschiedlichsten Materialien und für die jeweilige Anwendung optimal eingearbeitet werden können. Dazu müssen innovative, für die industrielle Nutzung aufskalierbare Prozesse entwickelt werden, die eine Produktion auch in größeren Mengen erlauben.



Die intensive projektübergreifende Zusammenarbeit der Allianzpartner ist ein Erfolgsgarant für Inno.CNT

CarboDis: Verarbeitung von CNT zu anwendungsspezifischen Zwischenprodukten.

Eine weitere Herausforderung ist die gezielte Verteilung der CNT im Material. Dieses Kriterium ist beispielsweise für die hohe Leitfähigkeit auch bei geringen CNT-Massenanteilen verantwortlich und deshalb ein wichtiger Faktor, damit CNT ihre Stärken in den Anwendungen voll ausspielen können. Das Projekt **CarboDis** hat sich daher zum Ziel gesetzt, die gezielte Einarbeitung von CNT in unterschiedliche polymere Strukturen besser zu verstehen und zu beherrschen. Ein sogenanntes Dispergiervfahren sorgt dafür, dass die in der Regel verknäult und agglomeriert bzw. verklumpt vorliegenden CNT vereinzelt und maßgeschneidert in den polymeren Grundstoff integriert werden können. Die verschiedenen

Partner innerhalb des Projekts werden Arbeiten zur Dispergierung der CNT in allen Grundpolymerarten – Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren – durchführen, sodass für jede Materialklasse adäquate Ergebnisse und Know-how bereitgestellt werden. Dadurch entsteht eine breite Arbeits- und Wissensplattform, in der die grundlegenden Abhängigkeiten zwischen Dispersionsgüte bzw. Verteilung der CNT, charakteristischen Eigenschaften der polymeren Grundmaterialien und der CNT-enthaltenden Verbundwerkstoffe beschrieben sind.

Von den aufeinander aufbauenden technologischen Ergebnissen aus den drei Querschnittsprojekten profitiert die gesamte Allianz, indem spezifisch gefertigte Werkstoffe auf CNT-Basis zielorientiert und kostengünstig für die jeweils angestrebten Anwendungen nutzbar gemacht werden.



Forschung für einen verantwortungsvollen Umgang mit Kohlenstoffnanoröhren sowie für deren sichere Nutzung



Inno.CNT
INNOVATIONSALLIANZ
CARBON NANOTUBES

Kohlenstoffnanoröhren liefern überzeugende Antwortmöglichkeiten auf eine Vielzahl von sehr aktuellen Fragen auf dem Weg zu effizienteren, attraktiveren, sichereren sowie zu umwelt- und klimafreundlicheren Produkten. Gleichzeitig müssen aber auch Antworten gefunden werden, die sich auf mögliche Auswirkungen beim Verarbeiten von CNT und bei der Nutzung und Entsorgung von CNT-haltigen Produkten auf die Gesundheit der Menschen und auf die Umwelt beziehen. Deshalb treibt die Innovationsallianz CNT das Querschnittsprojekt CarboSafe konsequent voran. Ein Ziel dieses übergeordneten Projekts ist es, Methoden und Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit bei der Herstellung, Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung von CNT und CNT-haltigen Produkten zu erarbeiten.

Transparentes Sicherheitskonzept schafft Vertrauen in CNT-Produkte.

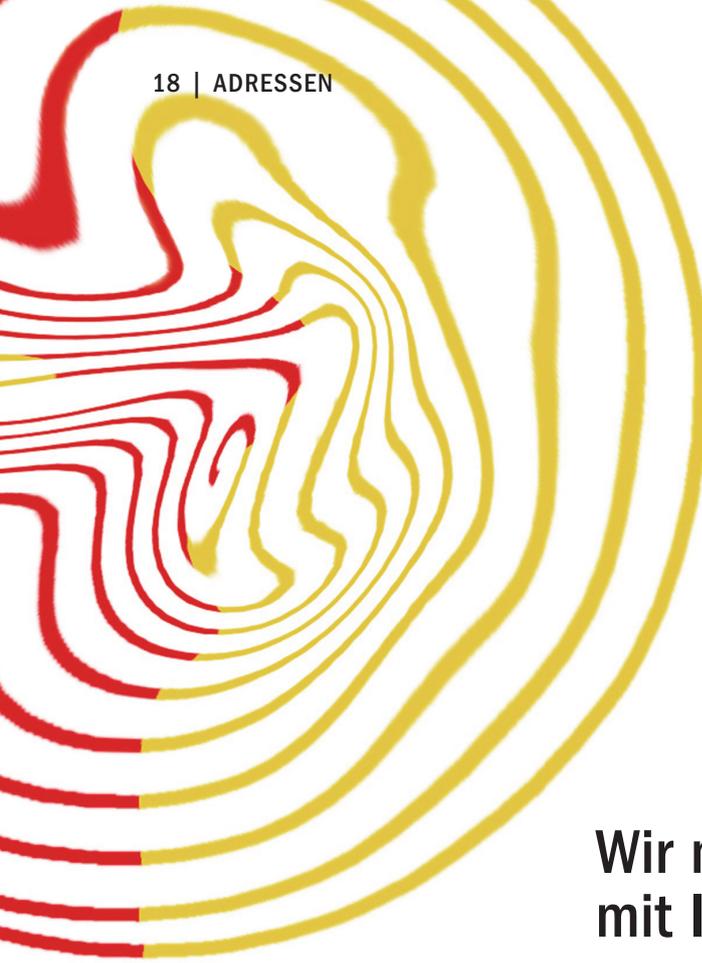
Um die Sicherheit von CNT und CNT-Produkten gewährleisten zu können, müssen mögliche Risiken bewertet und angemessen kommuniziert werden. Voraussetzung dafür ist ein fundiertes Wissen über mögliche Expositionsrouten und über die Wirkung von CNT im Zusammenhang mit biologischen Systemen. Die Entwicklung entsprechender Testmethoden zur Expositionsbestimmung und zur Charakterisierung der CNT ist dabei ein wesentlicher Baustein. Dieser Aufgabe stellt sich das Querschnittsprojekt

CarboSafe. Basis der Projektarbeit ist die Entwicklung von fundierten Messtechnologien, mit denen die Freisetzungsraten von Nanopartikeln im Lebenszyklus von CNT-basierenden Produkten eindeutig nachgewiesen werden können. Darüber hinaus will das Projekt CarboSafe das ökotoxikologische Potenzial von CNT identifizieren und das Risikopotenzial unter Anwendung der entwickelten Messtechnologien präzise abschätzen. Dies wird unter ständiger Beobachtung nationaler und internationaler Aktivitäten zur Sicherheit von Nanomaterialien erfolgen. Das hier gewonnene Wissen wird ergänzt

durch eine Reihe von weiteren Studien und Projekten, die sich aktuell mit Sicherheitsaspekten auseinandersetzen. Dazu gehört auch das vom BMBF geförderte Projekt TRACER, auf dessen Ergebnissen im Projekt CarboSafe aufgebaut werden kann. Um das Vertrauen in kommende CNT-basierende Anwendungen zu fördern, setzt die Inno.CNT zudem auf einen offenen, transparenten und kontinuierlichen Dialog mit der Öffentlichkeit. Denn auch die sachlich differenzierte und frühzeitige Kommunikation wird über den gesellschaftlichen Umgang mit dieser Technologie mitentschieden.

Die Inno.CNT-Architektur im Überblick

Anwendungsgebiet	Projekt	Zielsetzung
Energie & Umwelt	CarboPlate	Verbesserung der Bipolarplatten in PEM-Brennstoffzellen durch CNT-Komposite Konstruktion von optimierten Elektroden für Brennstoffzellen, industrielle Elektrolyse mit CNT als Katalysatorträger
	CarboFuel	
	CarboPower	Ersatz von klassischem Leiter durch CNT als elektrisches Leitmaterial
	CarboMembran	Entwicklung von CNT-basierten Mixed-Matrix-Membranen zur Meerwasserentsalzung und Gastrennung
	CarboInk	Entwicklung von innovativen leitfähigen Tinten für neuartige Solarzellen auf Basis CNT
Mobilität	CarboAir	CNT-Modifizierung und Verbesserung von Faserverbundwerkstoffen für Leichtbauanwendungen mit starker Beanspruchung
	CarboCar	Entwicklung und Bewertung von funktionsintegrierten CNT-modifizierten Thermoplastbauteilen für Automobil- und Luftfahrtanwendungen
	CarboSpace	Entwicklung von CNT-modifizierten Werkstoffen zum Einsatz in der Raumfahrt
	CarboRoad	Herstellung struktureller Bauteile aus CNT-verstärkten duroplastischen Faser-Kunststoff-Verbunden
Leichtbau	CarboTube	Entwicklung von Spritzguss- und Extrusionsanwendungen wie z. B. wärmeleitfähige Rohre, elektrisch leitfähige Kabelummantelungen, Schwellerverkleidungen, Elektronikgehäuse auf Basis CNT
	CarboElast	Entwicklung von gut dispergierten und leicht zu verarbeitenden CNT-modifizierten elastomeren Werkstoffen
	CarboBau	Entwicklung von ultra-hochfestem Beton und Trockenmörtelsystemen mithilfe von CNT CNT-Einarbeitung in Metall-Matrices zur signifikanten Verbesserung der Materialeigenschaften
	CarboMetal	
	CarboProtekt	Erschließung neuer Anwendungsfelder für thermoplastische und duroplastische Polymerschäume auf CNT-Basis
Querschnittstechnologien	CarboScale	Kostengünstige Herstellung von CNT unterschiedlicher Struktur in industriellem Maßstab
	CarboFunk	Entwicklung von Prozessen zur Funktionalisierung von CNT-Oberflächen
	CarboDis	Entwicklung von maßgeschneiderten Dispergiertechnologien für CNT in duroplastischen, thermoplastischen und elastomeren Systemen
Sicherheit	CarboSafe	Identifizierung des Freisetzungspotenzials von CNT am Arbeitsplatz und in der Umwelt sowie ihrer ökotoxikologischen Effekte auf Basis geeigneter Messtechnologien



Wir möchten gern mit Ihnen in Kontakt kommen

Mehr Informationen erhalten Sie unter www.inno-cnt.de oder telefonisch unter 01805-133 422*

*0,14 €/Min. aus dem Festnetz der Dt. Telekom, Mobilfunkpreise ggf. abweichend

Impressum

Herausgeber:
Innovationsallianz CNT (Inno.CNT)

Konzeption, Redaktion und Gestaltung:
SpiessConsult GmbH & Co. KG, Düsseldorf

Fotos:
Titelbild & Rückseite: iStockphoto,
S. 4: iStockphoto,
S. 5–7: Bayer MaterialScience AG,
S. 8: iStockphoto,
S. 9: Bayer MaterialScience AG,
S. 10–12: iStockphoto,
S. 13: iStockphoto, Bayer MaterialScience AG,
S. 14: Bayer MaterialScience AG,
S. 15: GKSS – Forschungszentrum Geesthacht GmbH,
S. 16: iStockphoto

Stand: Januar 2009

altropol

altropol Kunststoff GmbH



Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e. V.



BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.



BASF SE



Dyckerhoff AG



Bayer MaterialScience AG



Astrium GmbH



Bayer Technology Services GmbH



EADS Deutschland GmbH



Bond-Laminates GmbH



Ehrfeld Mikrotechnik BTS GmbH



Büsing & Fasch GmbH & Co. KG



Evonik Degussa GmbH



BYK-Chemie GmbH



EVT Gesellschaft für Energieverfahrenstechnik mbH



Canyon Bicycles GmbH



EXAKT Apparatebau GmbH & Co. KG



Clariant Masterbatches (Deutschland) GmbH



Forschungszentrum Jülich GmbH



Coperion GmbH



Fr. Fassmer GmbH & Co. KG

	Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT		Kunststoff-Technik Scherer & Trier GmbH & Co KG		T. Michel Formenbau GmbH & Co. KG
	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM		Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e. V.		Technische Universität Chemnitz
	Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS				Technische Universität Clausthal
	Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik CWMT		Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.		Technische Universität Dresden
	Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ		LIETEC Licht- & Energietechnik GmbH		Technische Universität Hamburg-Harburg
	Freudenberg Forschungsdienste KG		Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V.		Technische Universität Ilmenau
	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg		Mayr Faserverbundtechnik GmbH		Universität Duisburg-Essen
	Future Carbon GmbH		Nexans Deutschland Industries GmbH & Co. KG		Universität Siegen
	Gala Kunststoff- und Kautschukmaschinen GmbH		PEAK Werkstoff GmbH		VARTA Microbattery GmbH
	Georg-Simon-Ohm Hochschule Nürnberg		Putsch GmbH & Co. KG		Weidmüller Interface GmbH & Co KG
	Gerodur MPM Kunststoffverarbeitung GmbH & Co KG		Q-Cells SE		xperion AEROSPACE GmbH
	GKSS – Forschungszentrum Geesthacht GmbH		qtec Kunststofftechnik GmbH		xperion FS Composites GmbH & Co. KG
	H.C. Starck GmbH		Rhein Chemie Rheinau GmbH		Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH
	Halberg Guss Management GmbH		Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen		Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
	HPS GmbH		RUCH NOVAPLAST GmbH + Co. KG		
	Ingenieurbüro TARTLER GmbH		Ruhr-Universität Bochum		
	Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V.		SAERTEX GmbH & Co. KG		
	Institut für Verbundwerkstoffe GmbH		Schuberth Engineering AG		GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung
	INVENT GmbH		SGL Carbon GmbH SGL TECHNOLOGIES GmbH		
	Jackon GmbH		Siemens AG		
	Jacob Composite GmbH		Sto AG		



Innovationsallianz Carbon Nanotubes
Informationsbüro
Postfach 11 08 31
40508 Düsseldorf

Tel. 01805-133 422* | Fax 01805-133 423*
E-Mail: info@inno-cnt.de | www.inno-cnt.de

*0,14 €/Min. aus dem Festnetz der Dt. Telekom, Mobilfunkpreise ggf. abweichend