

NINA-News

Norddeutsche Initiative
Nanotechnologie SH e.V.

Nr. 15 | Februar 2021

www.nina-sh.de

Liebe Leserin, lieber Leser,



Dr. Volker Zöllmer

der industrielle Bedarf an innovativen, individualisierten Komponenten für eine energieeffiziente Produktion, die Mobilitätswende, die Luft- und Raumfahrt aber auch für die Photonik wächst stetig. Gefragt sind neue Fertigungsstrategien, die zu steigender Produktvielfalt bei gleichzeitig hohen Funktionsdichten führen.

Ein Erfolg versprechender Ansatz ist die generative Fertigung von Bauteilen (3D-Druck), die sich als Fertigungsverfahren für individualisierte Bauteil-Geometrien bis herunter zur Losgröße 1 immer mehr durchsetzt. Darüber hinaus ermöglicht die Technologieplattform der gedruckten Elektronik eine additive Funktionalisierung von Bauteilen und Oberflächen. Eine Produkt-individuelle Kombination von 3D-gedruckten Bauteilen mit gedruckten Funktionalitäten eröffnet nicht nur die Möglichkeit, Bauteile und Oberflächen zu funktionalisieren. Die gedruckte „3D-Elektronik“ erlaubt auch die Entwicklung ganz neuer, innovativer Produkte zum Beispiel für das Internet of Things (IoT).

Durch die Integration von Sensoren auf und in Bauteilkomponenten können beispielsweise Bauteildaten ge-



Mittels Aerosol Jet gedruckte funktionale Sensorelemente auf 3D-gedrucktem Bauteil.

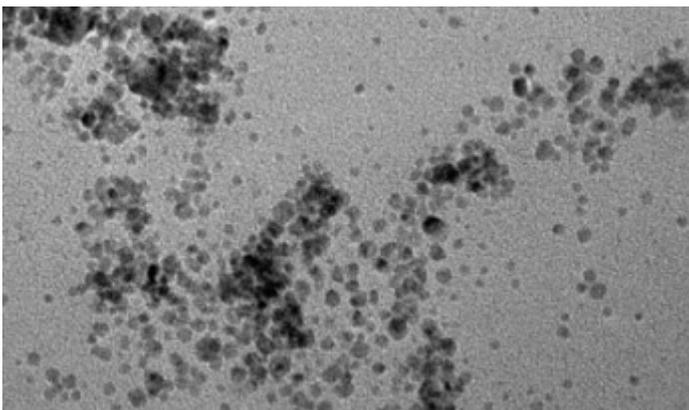
wonnen werden, die mit herkömmlichen Sensoren noch nicht erfasst werden konnten. Die gedruckte 3D-Elektronik liefert damit „werthaltige“ Daten für neue Produktentwicklungen über Big Data und KI-Algorithmen.

Die „Bauteil-Intelligenz“ entsteht dabei durch eine lokale, materialeffiziente Integration von Funktionswerkstoffen. Nanoskalige Funktionswerkstoffe können diesen Anspruch in idealer Weise erfüllen: Sowohl organische als auch anorganische Nanomaterialien können als sogenannte „Funktionale Nano-Tinten“ mit digitalen Druckverfahren zu funktionalen Strukturen ganz unterschiedlicher Geometrien auf Oberflächen appliziert werden.

Das Fraunhofer IFAM arbeitet intensiv an der Herstellung dieser Nanowerkstoffe und der industrietauglichen Reproduzierbarkeit ihrer Synthesen sowie an der Zuverlässigkeit der digitalen Druckprozesse.

Dr. Volker Zöllmer

Abteilungsleiter „Smart Systems“ am Fraunhofer IFAM



TEM-Aufnahme von Nanometer großen Kupfer-Nickel-Mangan-Partikeln für funktionale Nano-Tinten

Wir fördern Wirtschaft



EU.SH



Landesprogramm Wirtschaft: Gefördert durch die Europäische Union - Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), den Bund und das Land Schleswig-Holstein

Schleswig-Holstein. Der echte Norden.

Funktionsintegration durch 3D-Druck und Nanotechnologie am Fraunhofer IFAM

Das [Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM](#) arbeitet in vielen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an der Schnittstelle der Material- und Prozessentwicklung.

Die Nanotechnologie stellt eine Querschnittstechnologie der verschiedenen Aktivitäten des Fraunhofer IFAM dar und setzt entscheidende Impulse für neue Ansätze der Funktionsintegration. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten decken hierbei eine große Technologiebreite zur systematischen Produktentwicklung ab: Vom Molecular Modeling von Nanostrukturen über chemische und physikalische Methoden zur Herstellung von dünnen Schichten, Partikeln, Nanokompositen und Klebstoffen bis hin zu gedruckten Strukturen mit nanoskaligen Dispersionen, sogenannten Nanotinten. Die Basis hierfür stellt dabei nicht zuletzt die umfangreiche Analytik des Fraunhofer IFAM, die anwendungsspezifische Prüfungen und vielzählige instrumentelle Analysemethoden umfasst.

Für industrielle Anwendungen ist es oft wünschenswert, mechanische Eigenschaften, beispielsweise von Polymeren, oder rheologische Eigenschaften von Halbzeugen gezielt einzustellen. Hierfür können Nanopartikel durch eine Oberflächenmodifikation mittels Plasmatechnologien funktionalisiert werden, sodass sie die folgende Verarbeitungstechnik maßgeblich beeinflussen. Modifizierte Partikel werden unter anderem für die Formulierung von Lacken,



© Fraunhofer IFAM / Thomas Kleiner

Das Kompetenzportfolio des IFAM umfasst auch die elektrochemische Analyse von Batteriematerialien.

aber auch für Matrixharze, für Vergussmassen oder faserverstärkte Verbundwerkstoffe verwendet. Forscherinnen und Forschern des Fraunhofer IFAM gelang es außerdem, Partikel, die eine temperaturabhängige Wechselwirkung mit elektromagnetischen Wellen aufweisen, in Klebstoffe zu integrieren. Sie nutzten dies aus, um die Temperatur in Klebverbindungen zu regeln und so eine Schnellhärtung in nur wenigen Sekunden zu erzielen. In einem anderen Fall konnten die Eigenschaften von Dentalkompositen durch modifizierte Nanopartikel so eingestellt werden, dass sie sich wie ein natürlicher Zahn bearbeiten ließen.

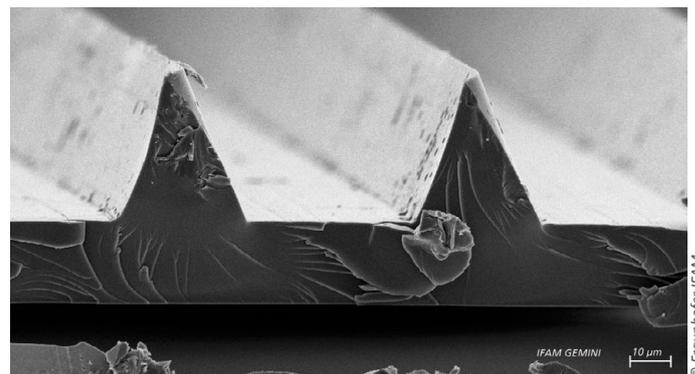
Vielfältige Anforderungen bestehen an zukünftige Batterie-Generationen und -Technologien um den wachsenden Bedarf zur Energiespeicherung zu decken. Für diese Zukunftstechnologien werden nanoskalige Aktivmaterialien und Additive intensiv untersucht. Am Fraunhofer IFAM können nanoskalige Funktionswerkstoffe mittels digitaler oder maskenbasierter Druckverfahren appliziert werden, um Oberflächen und Bauteile gezielt mit Funktionen zu versehen und zu individualisieren. Dünne Nano-Komposit-Funktionsschichten runden das Entwicklungs- und Anwendungsspektrum der Nanotechnologie am Fraunhofer IFAM ab.



© Fraunhofer IFAM / Peter Sondermann

Oben: Derzeit bündeln am IFAM über 700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ihr breites technologisches und wissenschaftliches Know-how in sieben Kernkompetenzen: Metallische Werkstoffe, Polymere Werkstoffe, Oberflächentechnik, Kleben, Formgebung und Funktionalisierung, Elektromobilität, Automatisierung und Digitalisierung.

Rechts: Mikrostrukturierter Lack erzielt die notwendige mechanische Stabilität durch Nanopartikel, um so strömungsgünstige Eigenschaften der Oberfläche zu erhalten



© Fraunhofer IFAM

Innovativer metallischer 3D-Druck an der FH Kiel

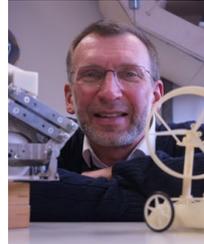
Ein interdisziplinäres Team der FH Kiel erlangt eine Bundesförderung von 2,3 Millionen Euro für die Installation einer hochmodernen integrierten Fertigungszelle für hochmodernen, innovativen metallischen 3D-Druck.

Ab dem zweiten Quartal dieses Jahres verfügt die FH Kiel über eine Fertigungszelle, die nicht nur metallischen 3D-Druck erlaubt, sondern auch eine additive und subtraktive Bearbeitung der Bauteile in beliebiger Reihenfolge durch ein integriertes 5-Achs-Fräsbearbeitungszentrum. Die notwendige, und häufig aufwändige, Nachbearbeitung der Bauteile kann so automatisiert erfolgen. „Die Anlage ist mit ihren Fähigkeiten einzigartig in Norddeutschland“, freut sich [Professorin Schloesser](#), Leiterin des Instituts für Werkstoffe und Oberflächen der FH Kiel.

Die hochmoderne Laseranlage bietet vielfältige Vorteile für Forschung und Entwicklung: Der 3D-Druck kann unter einer kompletten Schutzgasatmosphäre erfolgen, so dass die Verarbeitung hochreaktiver Pulver möglich ist. Des Weiteren verfügt die Anlage über vier integrierte Pulverförderer, die es erlauben, Werkstoffe mit räumlich unterschiedlichen Zusammensetzungen herzustellen. So können an jeder Stelle eines Werkstücks genau die gewünschten Materialeigenschaften eingestellt werden.

Diese Fähigkeit wird auch für den Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkt der gradierten Werkstoffe genutzt. Dabei handelt es sich um Materialien, bei denen sich die chemische Zusammensetzung kontinuierlich über den Querschnitt ändert. Dies ist insbesondere für thermomechanisch hochbeanspruchte Materialverbünde interessant: Passende Materialverläufe reduzieren thermische Spannungen und damit die Versagenswahrscheinlichkeit an Übergangsstellen. Eigenschaften wie Elastizitätsmodul und Wärmeleitung können über eine stufenlos veränderliche Zusammensetzung des Materials lokal optimiert und die thermische Fehlpassung reduziert werden. Dies ist unter anderem für Anwendungen in den erneuerbaren Energien und der Elektromobilität interessant, bei denen Werkstoffe eine hohe flächenbezogene Funktionalität erzielen müssen. Mit der neuen additiven Fertigungsanlage der FH Kiel ist es möglich, gradierte Werkstoffe aus bis zu vier verschiedenen metallischen Pulvern maßzuschneidern. Zusätzlich ist

Die Anlage BeAM Modulo 400 ermöglicht hochmodernen 3D-Druck aus bis zu vier verschiedenen Metallpulvern und bietet einzigartige Fähigkeiten im norddeutschen Raum.

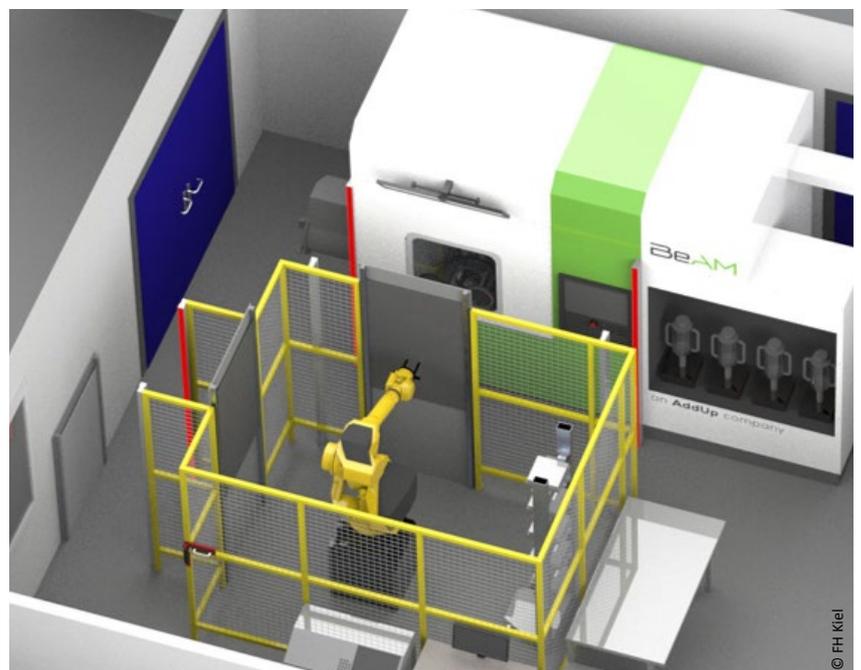


Das interdisziplinäre Team der FH Kiel aus den Fachbereichen Maschinenwesen und Elektrotechnik akquirierte eine Bundesförderung von 2,3 Millionen Euro für eine „Integrierte Fertigungszelle zum innovativen 3D-Laser-Pulvermetall-Auftragungsschmelzen (Projekt InFer3D)“:

[Prof. Schloesser](#), [Prof. Mattes](#), [Prof. Eisele](#) und [Prof. Weychardt](#). Das Antragsteam wurde dabei von Partnern aus Industrie und Forschung, wie auch NINa SH, unterstützt.

die Herstellung von Metall-Keramik-Verbünden Teil des neuen Forschungsschwerpunkts.

Die neuen Fähigkeiten der hochmodernen Fertigungszelle im Bereich 3D-Druck erschließen ganz neue Forschungs-, Entwicklungs- und Transfermöglichkeiten für die angewandte Materialentwicklung an der FH Kiel. Dazu Professorin Schloesser: „Neben der Anlage als solcher steht Nutzern eine breite Entwicklungs- und Anwendungskompetenz durch unser interdisziplinäres Team an der FH Kiel zur Verfügung. Insbesondere KMU bieten wir ganz neue Möglichkeiten der Werkstoff- und Prozessentwicklung.“ Entsprechend gibt es bereits zahlreiche regionale und überregionale Anfragen interessierter Unternehmen.



Additive Fertigung aus Lütjenburg: 3D-Druck für die Zahnmedizin

Merz Dental ist weltweiter Partner von Zahnärzten und Zahntechnikern für **prothetischen Zahnersatz** und **Verbrauchsmaterialien** in Zahnarztpraxis und Labor. **Innovative Produkte** entstehen unter anderem durch die **Kombination aus 3D-Druck und Nanotechnologie**.



Additiv gefertigte Bohrschablone im DLP-Drucker

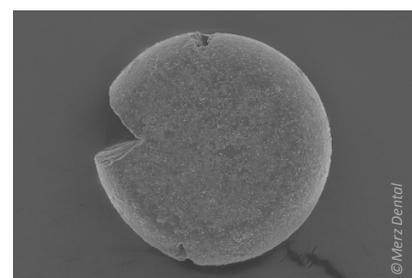
Bei klassischen Dentalprodukten findet die Nanotechnologie bereits breite Anwendung, beispielsweise zur Erhöhung der Abrasionsbeständigkeit künstlicher Zähne und Zahnfüllungsmaterialien, zur Verbesserung der Schlagzähigkeit von Kunststoffen oder zur Einstellung rheologischer Eigenschaften. Die Verwendung von Nanomaterialien in dem für die Dentaltechnologie recht neuen Bereich der additiven Fertigung steht hingegen noch am Anfang der Entwicklung.

Allerdings nimmt die 3D-Drucktechnologie inzwischen eine Schlüsselrolle bei den digitalen Prozessen in der Zahnheilkunde ein. Zur additiven Herstellung von Dentalprodukten, wie Modellen, Knirscher- als auch Aufbissschienen entwickelt und produziert Merz Dental verschiedene acrylatbasierte Materialien. Die sogenannten 3D-Liquids sind adaptierbar für jedes offene 3D-Drucksystem mit einer Wellenlänge im Bereich von 385 nm und daher nahezu universell verwendbar. Weitere medizinische Materialien für die additive Herstellung von Dentalprodukten wie Abformlöffeln und dampfsterilisierbaren Bohrschablonen befinden sich in den finalen Entwicklungsstadien. Hochgradig abrasionsbeständige

und dennoch transparente Konstruktionen verspricht die aktuelle Entwicklung eines Nano-SiO₂-modifizierten Materials mit angepassten optischen Eigenschaften.

Zur Erzielung opaker Ergebnisse hingegen werden üblicherweise anorganische Füllkörper verwendet, die sich jedoch absetzen können. Um dieses Problem zu lösen, entwickelt Merz Dental ein druckfähiges Acrylatgemisch, das ohne Füllkörper auskommt. Während der Aushärtung separieren sich die entstehenden Polymerketten in Domänen. Die so getrennten Nano- und Mikrobereiche streuen das Licht und sorgen für einen opaken Kunststoff mit einer matten Oberfläche, beispielsweise für den Druck dentaler Modelle.

Um die Zukunft des Dentalmarkts mitzugestalten, baute Merz Dental in den vergangenen Jahren den Bereich *Digital Solutions* auf, in Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungsunternehmen sowie Mitgliedern verschiedener Netzwerke, wie beispielsweise der NINa SH. Dass der Bereich mittlerweile der zweitwichtigste für das Unternehmen ist, demonstriert das Potenzial der additiven Fertigung und der Nanotechnologie für die Zahnmedizin und innovative Dentalprodukte.



Oben: künstlicher Zahn aus nano- und mikroverstärktem Komposit.
Unten: PMMA-Perle mit Überzug aus Nano-SiO₂



Merz Dental entwickelt und produziert in Lütjenburg

3D-Druck in Medizin und Technik: von Nano bis „Heavy Metal“ am Fraunhofer IMTE in Lübeck

Die neue Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik IMTE in Lübeck stellt die personalisierte Medizin in den Fokus der anwendungsorientierten Forschung. Zusammen mit den Partnern des BioMedTec Wissenschaftscampus wird Forschung aus Biologie, Medizin und Technik koordiniert in die Anwendung geführt.

„Die personalisierte Medizintechnik ist das Musterbeispiel für die Anwendung additiver Fertigung“, so Dr. Thomas Friedrich, der am Fraunhofer IMTE die Additive Fertigungstechnik leitet. Die Forschungsgruppe verfügt über einen professionellen Gerätepark unterschiedlicher Drucktechnologien, die ein großes Spektrum an Applikationen in Technik und Medizin abdecken.

Im Bereich des 3D-Drucks mit Polymeren stehen neben weit verbreiteten Methoden wie dem Filamentbasierten FDM-Verfahren, den PolyJet-Verfahren oder der konventionellen Stereolithografie auch neuere Techniken zu Verfügung. „Die noch eher unkonventionellen Verfahren haben aufgrund ihrer Komplexität aktuell eine deutlich geringere Verbreitung, bieten jedoch einzigartige Möglichkeiten“, erklärt Friedrich. Zu diesen spezialisierten Verfahren, die dem IMTE zur Verfügung stehen, zählt etwa der Multimaterial-MultiJet-Druck, bei dem Objekte aus mehreren unterschiedlichen Materialien und physikalischen Eigenschaften in einem einzigen Druckprozess erzeugt werden können. Dadurch lassen sich mehrfarbige Bauteile oder Teile mit Bereichen unterschiedlicher mechanischer, elektrischer oder optischer Eigenschaften realisieren. So können auch komplexe Prototypen innerhalb kürzester Zeit hergestellt werden, die eine beeindruckende Detailtiefe mit hoher Reproduktionsgenauigkeit verbinden.

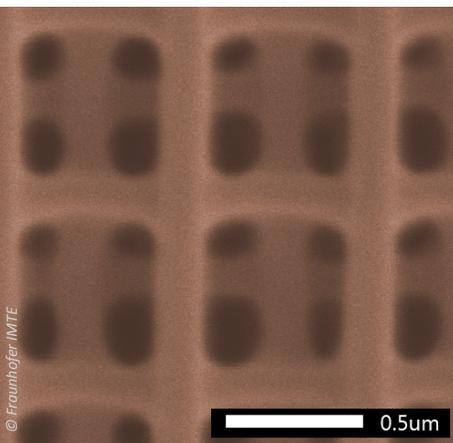
Das selektive Lasersintern (SLS) am IMTE ermöglicht darüber hinaus die Herstellung besonders robuster Funktionsbauteile, welche die Gestaltungsfreiheit des 3D-Drucks mit den Materialeigenschaften der Spritzgussverfahren vereint. Dazu Friedrich: „Dank SLS können wir auch für Einzel- oder Kleinstserien schnell verlässliche

Ergebnisse liefern.“

Eng damit verwandt ist das selektive Laserschmelzen, kurz SLM-Verfahren, mit dem Metallbauteile von hoher Qualität und nahezu beliebiger Form generiert werden können. Am Fraunhofer IMTE ermöglicht SLM auch Bauteile aus Titan- und vielen anderen Legierungen professionell zu fertigen. Am anderen Ende der Längenskala bietet die additive Erzeugung von Nano- und Mikrostrukturen aus Photopolymeren völlig neue Möglichkeiten für Mikromaschinen und Lab-on-a-Chip-Fragestellungen. In einem 2-Photonen-Prozess können dabei nanoskalige Strukturen hergestellt werden, die deutlich kleiner sind als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes. Die so entstandenen Objekte erlauben sowohl optische als auch mechanische oder mikrobiologische Applikationen, die mit konventioneller Lithografie nur mit großem Aufwand umgesetzt werden können. „Die additive Fertigung ist eingebettet in das gesamte Leistungsportfolio des Fraunhofer IMTE und steht Forschung und Wirtschaft für Dienstleistungen und im Rahmen gemeinsamer Projekte zur Verfügung“, resümiert Friedrich.

Das Fraunhofer IMTE organisiert mit Partnern am Campus die Konferenz *Additive Manufacturing Meets Medicine* (www.amm.science), auf der das Institut seine neuen Möglichkeiten demonstriert.

Ein nur 2 mm hohes Mikromodell demonstriert die Präzision der 2PP-SLA Drucktechnologie.



Mit 2-Photonen-Polymerisations Stereolithographie (2PP-SLA) gedruckte Nanostruktur.



3D-Druck anwendungsnahe im Technikzentrum Lübeck

Das [Technikzentrum Lübeck \(TZL\)](#) unterstützt seit 1986 Gründer und Unternehmen bei der Entwicklung und Erweiterung ihrer Geschäftsmodelle. Neben dem Vermietungsgeschäft wurden über die Jahre in einer Vielzahl von Projekten Kooperationen erweitert und neue Technologien gefördert. So entstanden 2014 das FabLab Lübeck und 2018 die TZL Akademie.

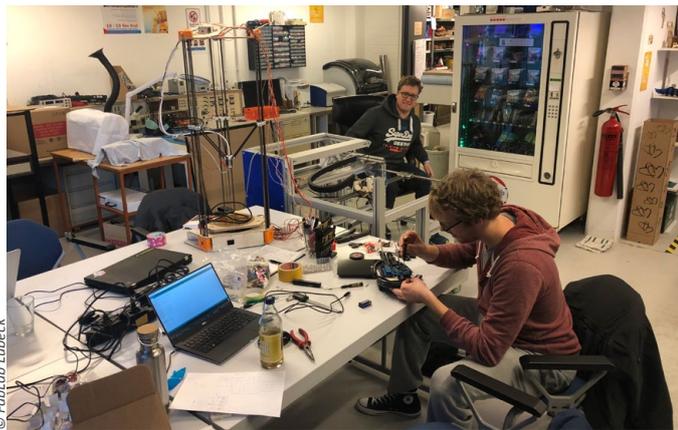
In der „offenen Hightech-Werkstatt“ des [FabLab Lübeck](#), das durch den gleichnamigen Verein betreut wird, stehen zahlreiche 3D-Drucker unterschiedlicher Hersteller und Fertigungsverfahren zur öffentlichen Nutzung bereit. Seit Mitte 2020 ist das FabLab in seinen neuen Räumlichkeiten auf dem Campus Lübeck etabliert. Die mehr als 70 Mitglieder des Vereins bündeln die Kompetenzen rund um den Bereich 3D-Druck und unterstützen die Nutzer mit ihrem Fachwissen. Neben dem FabLab gibt es viele weitere Akteure des 3D-Drucks in der Region, die sich zu einem Netzwerk verknüpft haben. Ziel ist es, den 3D-Druck noch intensiver mit anderen Schwerpunktthemen zu verknüpfen. Zum Beispiel in individualisierten 3D-gedruckten Implantaten, die gezielt mit nanoskaligen Schichten versehen werden, um gleichzeitig Passgenauigkeit und Einheilung zu optimieren.



Das Technikzentrum gründete 2018 die [TZL Akademie](#), um vor allem die lokale Wirtschaft zu stärken, Wissen über die neuesten Technologien und Entwicklungen in die Unternehmen der Region zu bringen und diese zu befähigen, es praktisch anzuwenden.

Basierend auf den Erfahrungen aus den bisherigen Projekten und der Expertise im FabLab Lübeck, werden Workshops, die den Einstieg in additive Druckverfahren vermitteln, für KMU, Auszubildende und Schüler angeboten. Teilnehmer können bereits in einem dreitägigen Workshop eine Schulung zum 3D-Druck Anwender durchlaufen und ihre neu gewonnenen Fertigkeiten in den Betrieb oder die Ausbildung einfließen lassen. Für ein erstes Kennenlernen des 3D-Drucks gibt es eigens einen eintägigen Crashkurs. Die Workshops umfassen neben der Technik und Bedienung der 3D-Drucker auch den Umgang mit Konstruktionssoftware. So werden die Teilnehmer befähigt, selbst eigene Produkte zu planen und zu entwickeln.

In verschiedenen Workshops schult die TZL Akademie den Umgang mit 3D-Druckern.



Das FabLab Lübeck ermöglicht Zugang zu 3D-Druckern.

Die Highlights aus der Community



25 Mio. € für Sonderforschungsbereiche der CAU Kiel

Die DFG fördert an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) den neuen [Sonderforschungsbereich \(SFB\) 1461 „Neuroelektronik: Biologisch inspirierte Informationsverarbeitung“](#) mit rund 11,5 Millionen Euro. Zudem erhält der seit 2016 bestehenden [SFB 1261 „Biomagnetische Sensorik“](#) circa 13,5 Millionen Euro für weitere vier

Jahre. Die interdisziplinären Großforschungsprojekte sind beide am [Forschungsschwerpunkt Kiel Nano, Surface and Interface Science \(KiNSIS\)](#) der CAU angesiedelt. „Beide Großprojekte bieten spannende Zukunftspotenziale an den Schnittstellen von Technik, Biologie und Medizin“, so Professorin Simone Fulda, Präsidentin der CAU.

Impressum

Herausgeber: Norddeutsche Initiative Nanotechnologie Schleswig-Holstein e.V.
www.NINa-SH.de
E-Mail: info@nina-sh.de

Prof. Dr. Franz Faupel
Lehrstuhl für Materialverbunde
Institut für Materialwissenschaft
Kaiserstraße 2
24143 Kiel

NINa SH e.V. ist ein eingetragener Verein mit Sitz in Kiel.
Vereinsregisternummer: VR 6231 KI
Gläubiger-Identifikationsnummer: DE75ZZZ00001501537
Verantwortlich im Sinne des Presserechts:
Der geschäftsführende Vorstand.