



# TU Clausthal

## Polymersysteme, Mikrosensorik und Biologisierung

Verschmelzung von Technik und Biologie für  
die Forschung von morgen



Ihr Ansprechpartner:

Clausthaler Zentrum für Materialtechnik

# Inhalt

<b>Ausgangslage</b> .....	4
Aktuelle Trends in Forschung, Entwicklung und Wirtschaft .....	4
<b>Entwicklung mit Perspektive</b> .....	6
<b>Starke Partner mit Know-How</b> .....	7
Aktuelle Inhalte und Projekte .....	8
Neue Inhalte für das Forschungscluster .....	8
<b>Hauptgestalter im Clausthaler Zentrum für Materialtechnik</b> .....	9
Clausthaler Zentrum für Materialtechnik (CZM).....	9
Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik (PUK).....	10
Institut für Elektrische Informationstechnik (IEI) .....	11
Institut für Organische Chemie (IOC) .....	12
<b>Gemeinsam Möglichkeiten nutzen</b> .....	13
<b>Ihre Ansprechpartner</b> .....	15
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	17



Prof. Dr.-Ing. Gerhard Ziegmann

### **Innovative Polymere: Biologisierung gestalten**

Biologisierung ist der Sammelbegriff für die zunehmende Integration von Prinzipien der Natur in moderne Forschungs- und Technologiefelder. Dieser Wandlungsprozess wird maßgeblich durch die Materialwissenschaften angetrieben. Anwendungsfelder für innovative Applikationen von Biotechnologie sind vielfältig gestreut. Besonders wichtige Bereiche sind Medizintechnik, biobasierte Prozesse und Implantate, Orthopädie,

Diagnostik, biobasierte oder in Strukturen integrierte Sensoren und modifizierte Oberflächen für biogetriebene Prozesse. Innovative Materialwissenschaft und technische Prozesse werden mit biologischen Applikationen und Digitalisierung verknüpft. Das Clausthale Zentrum für Materialtechnik (CZM) steht genau für diese innovativen FuE-Ansätze, von der Erforschung der Grundlagen bis zur Überführung der Anwendung in wirtschaftliche Prozesse.

Oder wie wir sagen: „Innovation made in Clausthal!“



Prof. Dr.-Ing. Christian Rembe

### **Smarte Sensorik: Polymertechnik im Einsatz**

Sensorik wird zunehmend selbst intelligent und drahtlos vernetzbar, was sie zu einem entscheidenden Element von Industrie 4.0 macht. Sensoren liefern die Daten für die Cyberwelt bei der Digitalisierung von Industrie und Gesellschaft. Insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen brauchen oft maßgeschneiderte Lösungen für kleine Stückzahlen, da es nicht immer einen genau passenden Sensor mit geeigneten Schnittstellen und Abmessungen zu kaufen gibt. Polymer-

mikrotechnik kann hier helfen, damit mit vergleichsweise geringen Kosten auch für kleine Stückzahlen miniaturisierte Sensorlösungen entwickelt und produziert werden können. Daher werden am Clausthale Zentrum für Materialtechnik (CZM) Möglichkeiten erforscht, über Lithografie, 3D-Druck und Mikrospritzguss funktionalisierte Polymere so zu strukturieren, dass komplette multifunktionale Mikrosensorsysteme hergestellt werden können.

Oder wie wir sagen: „Innovation made in Clausthal!“



apl. Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas Schmidt

### **Chemisch innovativ: Funktionelle Oberflächen durch Biomoleküle**

Auch auf molekularer Ebene ist die Natur Faszination und Inspiration. Organische Moleküle sind nicht nur die Vokabeln ihrer Sprache. Sie ermöglichen strukturelle Vielfalt für hochkomplexe Architekturen und Materialien, für Informationsspeicherung, Energieumwandlungen, intermolekulare Kommunikation und katalysierte Stoffumwandlungen.

Auch für die Advanced Circular Economy ist die Natur selbst das große Vorbild. Biologisierung in den Materialwissenschaften heißt, von der Natur zu lernen und ihre Prinzipien anzuwenden. Mit Naturstoffen, ihren synthetischen Derivaten, Enzymsubstraten oder Enzymen funktionalisierte Polymere eröffnen ein weites Anwendungspotential von der Medizintechnik über die Sensorik und Mikroreakorteknik bis hin zum Recycling von Metallen. Der naturwissenschaftlichen Erforschung und ingenieurtechnischen Erschließung dieser Anwendungen widmet sich unser Team.

Oder wie wir sagen: „Innovation made in Clausthal!“

# Ausgangslage

Die Biologisierung steht für einen innovativen Wandlungsprozess. Dabei werden Prinzipien aus den Naturwissenschaften und technische Anwendungen miteinander kombiniert. Hierbei wird zwischen **Biologisierung der Wirtschaft** und **Biologisierung der Technik** unterschieden, wobei in beiden Bereichen innovative Biotechnologie im Fokus steht.

Unter den Begriff der *Biologisierung der Wirtschaft* werden nachhaltige Produktion mit nachwachsenden Rohstoffen und der Einsatz biobasierter Materialien vereint. Gleichermaßen wird die Palette medizintechnischer Produkte mit neuartigen Materialien für wettbewerbsfähige Applikationen wie biobasierte Implantate, biobasierte Oberflächenmodifikationen oder neue Ansätze für Diagnostik und Therapeutika abgedeckt. Die Biologisierung liefert also einen wertvollen Beitrag zur **Circular Economy**, da sie je nach Anwendung Materialverbrauch reduzieren kann, auf Rohstoff- und Ressour-

ceneffizienz sowie Nachhaltigkeit setzt. Damit einhergehend werden die Prinzipien der Natur in Biokatalyse, molekularer Erkennung oder biologischer Signaltransduktion in Anwendungen für die moderne Gesellschaft übersetzt. Die **Digitalisierung** geht in Form integrierter (biobasierter) Mikrosensoren in Prozessen und Produkten mit der Biologisierung einher und bildet mit den erhaltenen Daten eine eigene Disziplin.

Die *Biologisierung der Technik* fokussiert sich auf Produktionsprozesse und Vernetzung von komplexen (technischen) Systemen, Wissen und Ressourcen basierend auf ökologisch verträglichen Werkstoffen.

**Das Clausthale Zentrum für Materialtechnik (CZM) der Technischen Universität Clausthal ist optimal aufgestellt, um in allen die Biologisierung umfassenden Bereichen einen wertvollen und nachhaltigen Beitrag zu leisten.**



Prinzip der Circular Economy

## Aktuelle Trends in Forschung, Entwicklung und Wirtschaft

- **Biologisierung:** Die Biologisierung steht für die zunehmende Integration von Prinzipien der Natur in moderne Forschungs- und Wirtschaftsbereiche, sowie Prozess- und Produktentwicklungen auf Basis der Lebenswissenschaften bzw. den sogenannten *Life Sciences*. Neben der Biologie umfasst der Begriff auch verwandte Bereiche, wie beispielsweise die Medizintechnik, Pharmazie, Biochemie, Biophysik, Bioinformatik, Naturstoffchemie, Agrartechnologie, Lebensmittelforschung. Die Lösungsansätze erfordern eine starke Interdisziplinarität der Partner und bieten Potential für umfangreiche Innovationen.
- **Miniaturisierung:** Frei nach dem Motto *smarter, cheaper and lighter* steigen die Anforderungen an Bauteile, Materialsysteme und Prozesse kontinuierlich. Intelligente Lösungen im Miniaturformat bieten einen effektiven, in Prozess und Bauteil integrierten Lösungsansatz.
- **Digitalisierung:** Neben steigender Komplexität der Bauteil- und Prozessfunktionen, wächst die Anforderung an die digitale Sammlung, Strukturierung, Übertragung und zeitgleiche Analyse von Prozess- und Anwenderdaten, ideal kontaktlos und von hoher Reichweite und als Lab-on-the-Chip auch am bzw. im Körper zu applizieren. Themen wie Datensicherheit, -sicherung und -übertragung erhalten dabei eine kontinuierlich zunehmende Bedeutung.
- **Mikrosensorik:** Umfassender Einsatz von optischen Sensorsystemen prägt unser tägliches Leben und unterstützt den stetig zunehmenden Komfort. Kameratechnik, Messdatensammlung und die Steuerung von technischen Prozessen sind heute bereits Alltag. Autonomes Fahren, Bestimmung eines Fruchtreifegrades in der Landwirtschaft und Überwachung der inneren Vitalfunktionen bestimmen die Forschungs- und Applikationsschwerpunkte der Zukunft.
- **Funktionelle Oberflächen:** Nicht nur Bauteile erfüllen Funktionen, sondern zunehmend auch deren Oberflächen mit spezifischen Eigenschaften. Diese Multifunktionskopplung eröffnet zahlreiche neue Forschungs- und Entwicklungsansätze für innovative Applikationen.
- **Circular Economy:** Für die Circular Economy ist die Natur selbst das große Vorbild. Moderne Entwicklungen leiten daher das *end-of-life-Konzept* in eine Kreislaufwirtschaft über, die durch Materialreduktion, -wiederverwendung und -recycling sowie auch den Einsatz natürlicher, nachwachsender Biomaterialien und die Anwendung (bio)katalytischer Prozesse für die Gestaltung einer nachhaltigen Gesellschaft geprägt ist.

Das Clausthale Zentrum für Materialtechnik (CZM) besitzt enormes Potential in allen aktuellen Trends eigene Kompetenz beizutragen und die Forschungswelt von den Grundlagen bis zur Anwendung zu gestalten.

## Entwicklung mit Perspektive

Die Entwicklung des Forschungsclusters **Polymer-systeme, Mikrosensorik und Biologisierung** blickt trotz kurzer Geschichte bereits auf einige Meilensteine zurück. Das Netzwerk aus Forschungseinrichtungen, Industriepartnern und Partnerorganisationen ist über die letzten Jahre stetig gewachsen und bedient sich bei verschiedenen Vorhaben unterschiedlicher Förderinstrumente.

Mit dem Leitsatz „Menschen sind der Schlüssel zum Erfolg“ arbeiten wissenschaftliche Nachwuchskräfte und Studierende unter Anleitung erfahrener Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in interdisziplinär zusammengesetz-

ten Teams an den verschiedenen inhaltlichen Schwerpunkten, die das Forschungscluster umfasst. Die enge Verflechtung von Wissenschaft, Wirtschaft und Netzwerken ermöglicht die Entwicklung und Gestaltung von aktuellsten Fragestellungen.

Die Nutzung verschiedener Förderinstrumente trägt zur Generierung von Drittmitteln und Ausstattung für das Clausthaler Zentrum für Materialtechnik und die Technische Universität Clausthal bei. Das aktuelle Potential ist noch längst nicht ausgeschöpft und bietet in Zukunft vielfältige Möglichkeiten zur Entwicklung.



Das Netzwerk um die Biologisierung ist gewachsen und steht als Verbund bereit, innovative Ideen in Niedersachsen und darüber hinaus zu gestalten.

## Starke Partner mit Know-How

Rund um das Forschungscluster haben sich starke Partner aus Forschung, Industrie und Netzwerken versammelt. Verschiedene abgeschlossene und laufende Drittmittelprojekte haben das Potential von Polymersystemen und Biologisierung am Clausthaler Zentrum für Materialtechnik eindeutig gezeigt. Die Planungen für die zukünftige Ausrichtung erweitert das

Forschungs- und Anwendungsspektrum um ein Vielfaches. Der Fokus liegt dabei auf bewährten Kooperationen und Einbindung neuer Partnerinnen und Partner. Für die Technische Universität Clausthal und das Clausthale Zentrum für Materialtechnik besteht ein höchst attraktives Potential, sich in vielerlei Hinsicht weiter zu entwickeln und das Forschungsprofil zu schärfen.

### FuE-Partner



### Industrie-Partner



### Netzwerke



### Förderprogramme



Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag

### Aktuelle Inhalte und Projekte

- MS Multi Mat – BioReg: Additive Fertigungstechnologien zur Herstellung kompositer Polymer-Protein scaffolds zur Zellreinigung und zur Herstellung "biologischer scaffolds"
- DFG – NanoVidere: Nanoscopy of composite materials with thin photochromic coatings
- MS Multi Mat – LDS-Opt: Untersuchung der Kunststoffzusammensetzung und Optimierung des Spritzgießprozesses bei der Herstellung von LDS-MID-Bauteilen
- DFG – MultiSens: Entwicklung eines drahtlosen, multifunktionalen Sensorsystems zur Erfassung der Prozessparameter während der Herstellung von kohlenstofffaserverstärkten Faserverbundbauteilen
- N-Bank – Smart Maintenance: Sensorentwicklung für Produkte des baulichen Brandschutzes zur Sicherstellung deren Funktion, für Smart Maintenance und I 4.0
- FNR – TechBIOPouV: Formulierung und Charakterisierung von biobasierten Kunststoffen als nachhaltige Lösung für Lebensmittelverpackungen

### Neue Inhalte für das Forschungscluster

- Mikrofuge- und Mikroprozessertechnik für medizintechnische Applikationen
- Miniaturisierte komplexe Optiksysteine in der Faltmontage
- Materialentwicklung für Polymer-Protein-Komposite
- Immobilisierte Enzyme auf Oberflächen für definierte Eigenschaften
- Materialentwicklung für Zellbesiedlung und Zellverträglichkeit
- Materialentwicklung für Metallisierung von Oberflächen spritzgegossener Kunststoffbauteile
- Integrierte Sensorik in flexiblen Prothesen
- Entwicklung optisch schaltbarer Oberflächen mit Biomaterialien
- Biosensorik
- Biokatalyse
- Naturstoffchemie

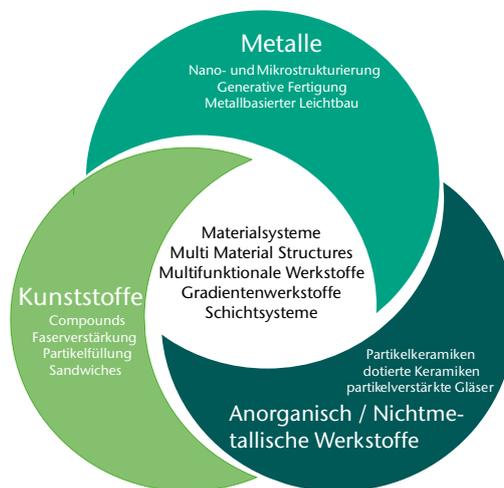
Das Forschungscluster bündelt das vorhandene Know-How der Partner und schafft einen Technologievorsprung mit enormem Wissens- und Marktpotential.

# Hauptgestalter des Technologieclusters Polymersysteme, Mikrosensorik und Biologisierung

## Clausthales Zentrum für Materialtechnik (CZM)

Das Clausthales Zentrum für Materialtechnik ist ein zentrales Forschungszentrum an der Technischen Universität Clausthal. Es vereint die Kompetenzen von Mitgliedern unterschiedlicher Fachrichtungen der TU Clausthal, der TU Braunschweig, der Leibniz Universität Hannover sowie des Laserzentrums Hannover unter seinem Dach. In interdisziplinären Forschungsgruppen, speziell ausgestatteten Laboren und einem Reinraum (ISO Klasse 6) arbeiten rund 35 Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verschiedener Disziplinen, von klassischen Naturwissenschaften bis hin zu den Ingenieurs- und Materialwissenschaften, zusammen. Gemeinsames Ziel ist es, in 4 Forschungsclustern und 2 Zukunftsclustern innovative Projekte zu bearbeiten, neue Themen zu identifizieren, interdisziplinäre Projektpartnerschaften zu entwickeln und das Forschungsprofil an der TU Clausthal zu schärfen. Am Beispiel der Biologisierung,

die sich als neue Disziplin hervorragend in das Leitbild des CZM einfügt, ergeben sich zwischen den Hauptgestaltenden zahlreiche fachübergreifende Anknüpfungspunkte.



**Kernkompetenzen:** Kombination von Werkstofftechnik, Materialwissenschaft, Prozesstechnik, Naturwissenschaft und Ingenieurwesen unter einem Dach



## Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik (PUK)

Das Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik (PUK) wurde bereits 1998 von Prof. Dr.-Ing. Gerhard Ziegmann gegründet und konnte seither eine breite Wissen- und Kompetenzbasis in allen Bereichen der Kunststoffverarbeitung und der Polymerwerkstoffe entwickeln. Insbesondere die Erforschung von Faserverbundwerkstoffen steht seit der Institutsgründung im Fokus der Strategie und wird auch weiterhin ein wichtiges Standbein in einer zukunftsgerichteten Strategie bleiben.

Die Biologisierung wurde 2015 in das Portfolio als innovativer Newcomer aufgenommen. Mit dem Schwerpunkt der Entwicklung von Material- und Prozesstechnik für die Zellseparation in Kooperation mit der IBA GmbH wurde die erfolgreiche Basis gelegt, das Thema zu gestalten. Seitdem wächst der Anteil an Projekten in diesem Bereich stetig.

Der Erfolg dieser Strategie zeigt sich auch in der hohen Einwerbung von Drittmitteln verschiedenster Projektträger und der überdurchschnittlichen Förderungsquote bei Projektbeantragungen. Diese Projekte laufen nahezu ausschließlich unter dem Aspekt der Multimaterialinitiative im Clausthaler Zentrum für Materialtechnik.



**Kernkompetenzen:** Faserverbunde, Fließprozesse, Nachwachsende Rohstoffe, Additive Fertigung, Spritzguss, Reinraumproduktion, Polymerwerkstoffe und Materialmodifikation



## Institut für Elektrische Informationstechnik (IEI)

Das Institut für Elektrische Informationstechnik (IEI) vereint unter einem Dach die Professuren und Forschungsbereiche *Automatisierungstechnik, Regelungstechnik und Mechatronik, Messtechnik sowie Kommunikationstechnik für das industrielle Internet der Dinge* (Hochfrequenztechnik und Nachrichtentechnik für die Digitalisierung der Industrie).

Sensoren haben eine Schlüsselfunktion in der Industrie 4.0 inne, da überall Daten erfasst und verarbeitet werden müssen. Hier kommt der Vorteil einer interdisziplinären Aufstellung besonders zum Tragen. Im Bereich der Messtechnik arbeitet das Institut vor allem an optischen Sensoren für industrielle und medizinische Anwendungen sowie für die Forschung und Entwicklung. Um die am IEI entwickelten Systeme integriert und großflächig einsetzen zu können, sind hohe Flexibilität bei geringster Größe entscheidend. Deshalb ist auch der Bereich der Mikrosensorik Teil des Portfolios.

Speziell die Nutzung des enormen Potentials polymerer Werkstoffe ermöglicht die flexible Herstellung passgenauer Mikrosensoren mit kleinen Stückzahlen zu günstigen Preisen.

Zur Infrastruktur gehören unter anderem ein Micro Pattern Generator, Single Point (PDV 100) und Multi Point Vibrometer (MPV-800), Optiklabore mit verschiedensten optischen Messgeräten, Laser verschiedener Wellenlängen und Leistungsstärken, je eine eigene Elektronik- und Mechanikwerkstatt sowie ein Reinraum in gemeinsamer Nutzung.

Unter Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Christian Rembe ist die Abteilung Messtechnik dank der guten Forschungsinfrastruktur an der TU Clausthal in der Lage, speziell auf den Gebieten elektrischer und elektronischer Sensoren und Systeme anwendungsnah und zukunftsorientiert zu forschen. Interdisziplinarität und gute Partner sind dabei für den Erfolg wichtig.



**Kernkompetenzen:** Optische Schwingungsmesstechnik, Mensch-Maschine-Schnittstellen, Medizintechnik, Nanoskopie, Mikroelektromechanische Systeme (MEMS) aus innovativen Werkstoffen



## Institut für Organische Chemie (IOC)

Am Institut für Organische Chemie bilden organische Moleküle, Materialien und Biomaterialien in der anwendungsbezogenen Grundlagenforschung den Schwerpunkt, deren Synthesen entwickelt, molekularer Aufbau analysiert und charakterisiert und Strukturen für Anwendungen optimiert werden. Das Spektrum der Anwendungen reicht von Katalysatoren und Organokatalysatoren über selektive Komplexbildner nach dem Vorbild der Natur für das Recycling, Pheromone für die Borkenkäferbekämpfung bis hin zu chemisch modifizierten und schaltbaren photochromen Biomaterialien sowie deren Analytik. Untersuchungen zur Oberflächenchemie und -physik und biologische Aktivitäten (antibiotisch, antiviral, cancerostatisch) werden im Rahmen verschiedener Kooperationen durchgeführt.

Das Institut verfügt über eine moderne Forschungsinfrastruktur für die Charakterisierung von Molekülen und Materialien wie NMR-Geräte (600 MHz, 400 MHz), verschiedene Massenspektrometer (hochauflösende ESIMS und ESIMS-MS; Direkteinlass-EIMS und CIMS, GCMS, DIP-MS, DEP-MS, EIMS-MS) und infrarotspektroskopische Geräte (ATIR). Mit der Modifizierung von Polymeroberflächen mit durch Licht schaltbaren Naturstoffen und ihren Derivaten, der Anwendung von Naturstoffderivaten in der Erzeugung reaktiver Intermediate oder für die Katalyse sowie durch Arbeiten zur Immobilisierung von Enzymen auf Oberflächen im Arbeitskreis von Prof. Dr. rer. nat. Andreas Schmidt wurde erfolgreich ein neuer Baustein gelegt, das Thema Biologisierung weiter zu gestalten.



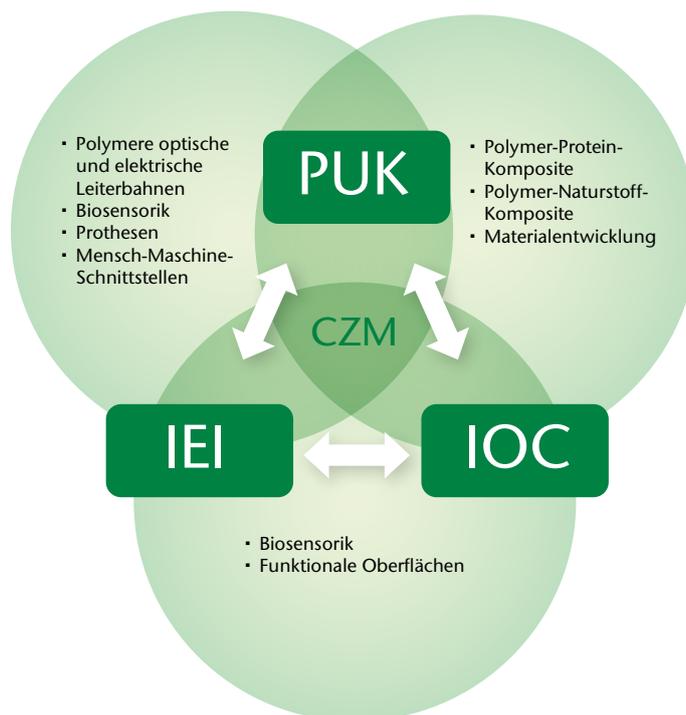
**Kernkompetenzen:** Synthese und Charakterisierung von organischen Molekülen und biomodifizierten Materialien, Chemie nachwachsender Rohstoffe, Katalyse, schaltbare Moleküle



## Gemeinsam Möglichkeiten nutzen ...

Die Biologisierung bietet gewaltiges Potential wissenschaftliche und wirtschaftliche Fragestellungen zu identifizieren und innovative Lösungen zu erarbeiten. Gleichzeitig erfordern diese Lösungen eine hohe Kreativität, Flexibilität und Interdisziplinarität zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Netzwerken. An der Technischen Universität Clausthal vereinen PUK, IEI und IOC unter dem Dach des Clausthaler Zentrums für Materialtechnik die fachliche Kompetenz und das wissenschaftliche Know-How, die Biologisierung in all ihren Facetten und Fragestellungen zu gestalten. Die TU Clausthal kann dabei neue Forschungsschwerpunkte erschließen und das Forschungsprofil für eine moderne Universität an einem attraktiven Standort schärfen.

Rund um die Clausthaler Institute, die das Forschungscluster Polymersysteme, Mikrosensorik und Biologisierung gestalten, sind bereits FuE-Partner, KMU-Partner und Netzwerke versammelt. Mit der gemeinsamen Nutzung von Wissen und Technologie ergeben sich neue Möglichkeiten für innovative Forschungen und Anwendungen in unterschiedlichsten Bereichen. Für die Technische Universität Clausthal besteht hier in hohem Maße die Option neue Drittmittel einzuwerben. Eine gute Öffentlichkeitsarbeit rund um das Forschungscluster sorgt zudem für eine gute Wahrnehmung aller beteiligten Partner und Einrichtungen. Die Studierenden der TU Clausthal erhalten darüber hinaus die Möglichkeit, attraktive Forschungsthemen (mit Nähe zur Industrie) zu bearbeiten und Kontakte mit dem Netzwerk zu knüpfen.



*Verknüpfung der Institute*

Unsere Vision ist ein starker Forschungscluster mit attraktiven, grundlagenorientierten und industrienahen Forschungsprojekten, hochwertigen wissenschaftlichen Publikationen und für die Studierenden der Transfer in die Lehre.

## Polymersysteme, Mikrosensorik und Biologisierung

### Technologie und Ausstattung

- Reinraum, ISO: 6
- Mikrospritzguss
- Mikropattern Generator
- Mikrofügetechnologie
- Polymermikro-systemlabor
- Additives Fertigungslabor
- Materialanalytik
- Bio-Chemie Labor
- Technikum

### FuE Netzwerk

- TU Clausthal
  - CZM, PUK, IEI, IOC, ...
- IBA
- TPK
- iba e.V.
- Fraunhofer IPMS
- BioRegion

### Anwendungen

- Medizintechnik/ Diagnostik
- Zell-/ Proteinseparation
- Polymer-Protein-Komposite
- Prothetik und bio-basierte Implantate
- Biosensorik
- Lebensmitteltechnik
- Optische Systeme, wie IR-Spektrometer
- Co-Spritzguss



# Ihre Ansprechpartner

## Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik



**Prof. Dr.-Ing. Gerhard Ziegmann**  
E-Mail: [ziegmann@puk.tu-clausthal.de](mailto:ziegmann@puk.tu-clausthal.de)



**Dipl.-Ing. Sebastian Sdrenka**  
E-Mail: [sebastian.sdrenka@tu-clausthal.de](mailto:sebastian.sdrenka@tu-clausthal.de)



## Institut für Elektrische Informationstechnik



**Prof. Dr.-Ing. Christian Rembe**  
E-Mail: [rembe@iei.tu-clausthal.de](mailto:rembe@iei.tu-clausthal.de)



**M.Sc. Thorben Ziemer**  
E-Mail: [ziemer@iei.tu-clausthal.de](mailto:ziemer@iei.tu-clausthal.de)



## Institut für Organische Chemie



**apl. Prof. Dr. rer. nat. habil.  
Andreas Schmidt**  
E-Mail: [schmidt@ioc.tu-clausthal.de](mailto:schmidt@ioc.tu-clausthal.de)



**M.Sc. Lucas Pruschinski**  
E-Mail: [lucas.pruschinski@tu-clausthal.de](mailto:lucas.pruschinski@tu-clausthal.de)



# Literaturverzeichnis

Ausgewählte fachspezifische Publikationen und studentische Projekte sind auf den Webseiten der Arbeitsgruppen zu finden. Der Direktlink ist im QR-Code hinterlegt.



[www.puk.tu-clausthal.de](http://www.puk.tu-clausthal.de)



[www.iei.tu-clausthal.de](http://www.iei.tu-clausthal.de)



[www.ioc.tu-clausthal.de](http://www.ioc.tu-clausthal.de)



## Impressum

### **Herausgeber**

TU Clausthal  
Clausthaler Zentrum für Materialtechnik  
Leibnizstraße 2  
38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: +49 5323 72 3330  
office@czm.tu-clausthal.de

[www.puk.tu-clausthal.de](http://www.puk.tu-clausthal.de)

### **Redaktion**

Christian Rembe, Andreas Schmidt, Marlon Schulz,  
Sebastian Sdrenka, Gerhard Ziegmann, Thorben Ziemer

### **Layout und Satz**

Melanie Bruchmann

### **Bildnachweis**

Technische Universität Clausthal  
Clausthaler Zentrum für Materialtechnik

Hier nicht erwähnte Fotos entstammen dem Privatarchiv der jeweils abgebildeten Personen oder dem Archiv der TU Clausthal.

Februar 2021

