

Wissen und Innovationen  
aus niedersächsischen  
Hochschulen

2 | 2019

## Technologie-Informationen



# Neue Sicht aufs Licht

### **Biophotonik**

Maßgeschneidertes  
Licht für Pflanzen  
→ Seite 9

### **Analytik**

Durchblick mit  
Infrarot-Sensoren  
→ Seite 12

### **Quantenforschung**

Neue Erkenntnisse und  
Anwendungen  
→ Seite 16

### **Lasertechnik**

Schutz vor  
Produktpiraterie  
→ Seite 23



**Niedersachsen**

# Inhalt

Technologie-Informationen 2 | 2019

## Neue Sicht aufs Licht

- 3 Aktuelles
- 4 Was bedeutet Licht für Sie?
- 6 PhoenixD – digitale Technologien revolutionieren die Optik
- 8 Blaulicht – Vorfahrt für wertvolle Pflanzenstoffe
- 9 Biophotonik – maßgeschneidertes Licht für Pflanzen
- 10 Digitalisierung im Stall entlastet Tierwirte
- 11 Unkraut mittels Lasertechnik bekämpfen
- 12 Durchblick mit Infrarot-Sensoren
- 13 Mehr sehen in der Mikroskopie
- 14 Defekte an Oberflächen – dem Licht entgeht nichts
- 15 Kommunizierende Scheinwerfer für sicheren Straßenverkehr
- 16 Quantenforschung für neue Erkenntnisse und Anwendungen
- 18 Glasfasern als Lichtleiter und Strahlquelle
- 19 Transistor der Zukunft – ultraschnell dank Licht
- 20 Schneller als der Wind – Winzige Windwirbel exakt gemessen Turbulenzen im Laserlicht
- 22 Multifunktionale optische Materialien
- 22 Optik für alle
- 23 Lasergeschriebenes Hologramm schützt vor Produktpiraterie
- 24 Ultrakurzpuls laser – hochpräzise und extrem schnell
- 25 Mit dem Laser zur gewünschten Oberfläche
- 26 Laserbearbeitung ist Kopfsache

# Liebe Leserinnen und Leser,

optische Technologien sind Innovationstreiber, als Querschnitts- und Schlüsseltechnologien für alle wirtschaftlich und gesellschaftlich relevanten Bereiche prägend. Deutsche Unternehmen sind in Bereichen wie Lasertechnik, Mikroskopie, Sensorik, Bildgebung und Beleuchtung Weltmarktführer.

In der modernen Produktionstechnik sind Laser als universelle Werkzeuge zum Schneiden, Schweißen, 3D-Drucken, zur Mikro- oder Nanobearbeitung unverzichtbar, von der Fertigung hochintegrierter Computerchips bis hin zu ganzen Kreuzfahrtriesen. Optische Sensorik und Bilderfassung ist für Industrie 4.0 so wichtig wie für die Mobilität mit autonomen Fahrsystemen. Optische Technologien bilden die Brücke zwischen der realen und der digitalen Welt und ermöglichen den rasanten Zuwachs der Datenraten im Internet. In der Medizin lassen sich durch Lasereinsatz präzise Operationen minimalinvasiv durchführen, neuartige optische Sensoren beschleunigen die Diagnostik.

Niedersächsische exzellente Forschung und Entwicklung trägt signifikant zu den Innovationen bei, wie die Beiträge in diesem Heft zeigen. Der Querschnitt reicht von Lebenswissenschaften, optischer Messtechnik, Informations- und Sicherheitstechnik, Produktionstechnik, Quantentechnologien und photonischen Schaltelementen bis hin zur motivierenden Nachwuchsförderung mit Lego®.

Lassen Sie sich von den spannenden und innovativen Forschungsprojekten der niedersächsischen Forscherinnen und Forscher inspirieren. Erhalten Sie im Jahrhundert des Photons einen Einblick in die Zukunftslabore zur nachhaltigen Entwicklung Niedersachsens und unserer Gesellschaft.



Prof. Dr. Walter Neu  
Institut für Laser und Optik (ILO)  
Hochschule Emden/Leer

Die Technologietransferstellen der niedersächsischen Hochschulen erleichtern insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen sowie öffentlichen Einrichtungen den Zugang zu Forschung und Entwicklung. Bei Fragen oder Kontaktwünschen wenden Sie sich bitte an die Transferstelle in Ihrer Region. Ihre Ansprechpartner finden Sie auf der vorletzten Seite der Technologie-Informationen.

# Aktuelles



## Sicherer Datenaustausch

### Veranstaltung für die Wirtschaft

Den sicheren Datenaustausch zwischen Unternehmen entlang von Wertschöpfungsketten zu unterstützen ist das Ziel des International Data Space (IDS). Am 19. Juni 2019 stellt die TIB – Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften gemeinsam mit dem Forschungszentrum L3S den IDS in Hannover vor. Mit dem Vorstand Boris Otto ist die International Data Spaces Association vertreten, die als Verein aus einem Forschungsprojekt von zwölf Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft hervorging.

Es wird Impulsvorträge aus Wirtschaft und Forschung zum Thema sicherer Datenaustausch geben. Auf der Veranstaltung wird auch der Niedersächsische IDS Hub gegründet, der dazu dienen soll, Best-Practices auszutauschen, an konkreten Anwendungsfällen zu arbeiten, Trainings anzubieten und den IDS als Basis für neue KI-Anwendungen zu nutzen.

[www.l3s.de/de/events](http://www.l3s.de/de/events)

## Expertenforum

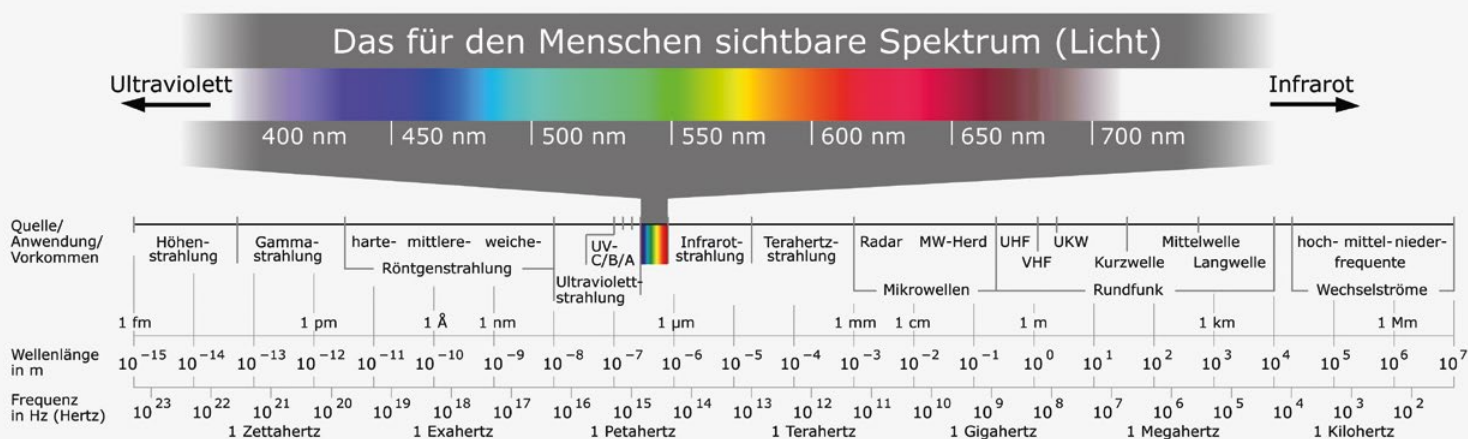
### Produktionsplanung und -steuerung

Wie sieht die Produktionsplanung und -steuerung der Zukunft aus? Welchen Nutzen bringt die Digitalisierung für die Produktion? Wie können sich produzierende Unternehmen auf zukünftige Anforderungen vorbereiten? Diese und weitere Fragen stehen im Vordergrund des Expertenforums Produktionsplanung und -steuerung am 14. Mai 2019 in Frankfurt am Main.

Veranstaltet wird das Expertenforum vom Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz Universität Hannover in Zusammenarbeit mit dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen, der Fraunhofer-Einrichtung IGCV und dem Institut für Produktionsmanagement und -technik der Technischen Universität Hamburg. Durch Impulsvorträge führender Forschungsinstitute sowie hochrangiger Industrievertreter werden Trends, Best Practices und Erfolgsfaktoren aufgezeigt. Interessierte sind herzlich eingeladen, das Expertenforum zum Erfahrungs- und Wissensaustausch und zur Vernetzung zu nutzen.

[www.expertenforum-pps.de](http://www.expertenforum-pps.de)

## Elektromagnetisches Spektrum



# Was bedeutet Licht für Sie?

»Licht bedeutet  
**Leben**«

**Prof. Dr. Jutta Papenbrock**  
Institut für Botanik  
Leibniz Universität Hannover



»Licht bedeutet  
**Energie**«


**Prof. Dr. Michael Wark**  
Lehrstuhl Technische Chemie  
Universität Oldenburg



»Licht bedeutet  
**Sehen**«


**Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer**  
Institut für Produktentwicklung und Gerätebau  
Leibniz Universität Hannover






»Licht bedeutet  
**Länge**«

**Prof. Dr.-Ing. Rainer Tutsch**  
Institut für Produktionsmesstechnik  
Technische Universität Braunschweig



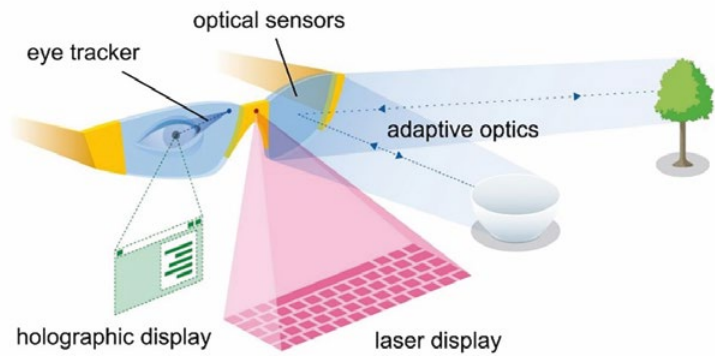
»Licht bedeutet  
**Arbeit**«

**Prof. Dr. Alexander Egner**  
Laser-Laboratorium Göttingen e.V.



»Licht bedeutet  
**Information**«

**Prof. Dr. Mirco Imlau**  
Fachbereich Physik  
Universität Osnabrück



### Vision 1

**Adaptive PhoenixD-Brille als interaktive Sehhilfe, die sich situativ anpasst**

# PhoenixD

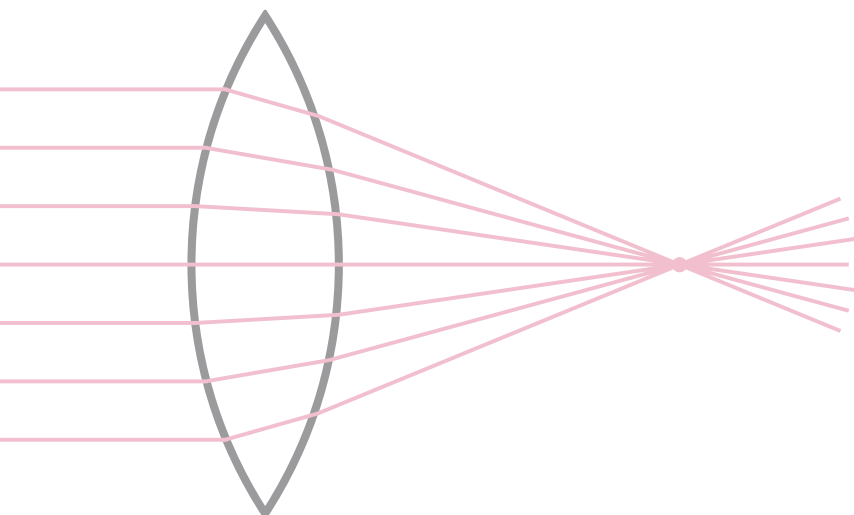
## PhoenixD – digitale Technologien

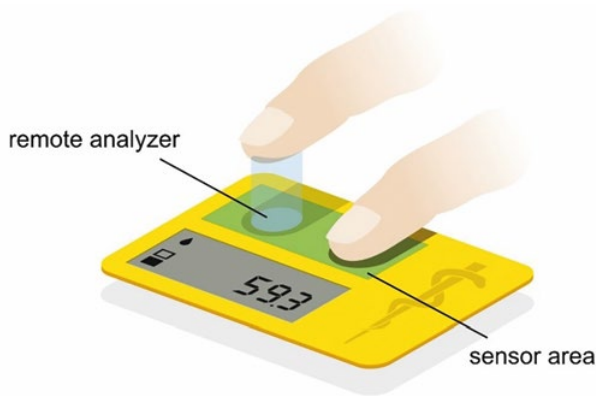
Digitale Optik ersetzt die alte analoge Optik – das ist das Ziel des Forschungsverbundes PhoenixD. Die Exzellenzstrategie von Bund und Ländern unterstützt Forscherinnen und Forscher aus fünf niedersächsischen Einrichtungen mit einer Millionenförderung ab 2019 für sieben Jahre. Optische Präzisionsgeräte aus kostengünstiger additiver Fertigung sollen individuelle Lösungen für vielfältige gesellschaftliche Probleme liefern.

**P**räzisionsoptische Systeme erfüllen vielfältigste Funktionen in den Lebenswissenschaften, der Produktionstechnik, der Sensorik und im täglichen Leben. »Solche Systeme werden in komplexen mehrstufigen Prozessen hergestellt und betrieben«, berichtet Dr. Sebastian Dikty von der Leibniz Universität Hannover. »Sie beruhen dabei häufig auf Handarbeit und mühevoller Justage. Die damit verbundenen hohen Kosten verhindern ihren massenhaften Einsatz.« Mit den Schlagworten Industrie 4.0 und additive Fertigung vollzieht sich bereits in der modernen Produktion der Wandel zur IT-vernetzten, smarten und individualisierten Fertigung zu geringen Kosten. Können digitale Techniken auch die Entwicklung und Herstellung von Präzisionsoptik revolutionieren?

### Die Optik der Zukunft

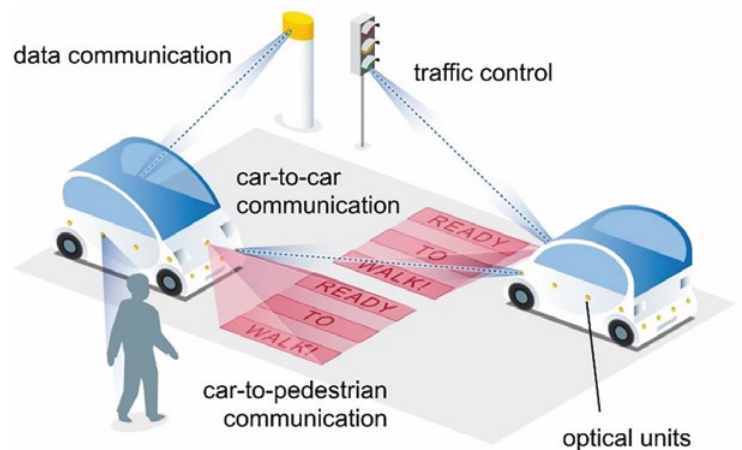
Antworten liefert der Exzellenzcluster PhoenixD (Photonics, Optics and Engineering – Innovation Across Disciplines). Kooperationspartner der Leibniz Universität Hannover sind die Technische Universität Braunschweig, das Laser Zentrum Hannover e.V., das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut) sowie die Physikalisch-Technische Bundesanstalt. »Jetzt ist der Moment, die typische alte analoge Optik durch eine neue digitale Optik zu ersetzen«, ist Prof. Uwe Morgner überzeugt. Als Sprecher des Exzellenzclusters sieht er hierfür drei Voraussetzungen erfüllt: »Steigende Rechnerleistungen und künstliche Intelligenz haben die Simulationskapazitäten vervielfacht. Zudem können der 3D-Druck und neue Materialien den Werkstoff Glas ersetzen.«





## Vision 2

**Point-of-Care-Diagnose-System für medizinische Diagnosen oder Umweltanalysen**



## Vision 3

**PhoenixD-System zur Kommunikation von Fahrzeugen untereinander und mit Fußgängern**

# revolutionieren die Optik

An der Optik der Zukunft arbeiten Expertinnen und Experten unterschiedlicher Disziplinen zusammen. »Physiker, Mathematiker und Informatiker erstellen zum Beispiel vor der Fertigung exakte Betriebsvorhersagen für optische Systeme«, erläutert Uwe Morgner. Maschinenbauer und Elektrotechniker entwickeln Produktionsmaschinen und erreichen mit neuen Fertigungs- und Messtechniken feinste optische Strukturen. Chemiker und Materialwissenschaftler schließlich entwickeln hybride, transparente und druckfähige Materialien. »So können wir optische Systeme realisieren, die individuell anpassbar sind und neue Anwendungsgebiete erschließen«, fasst der Sprecher zusammen.

### Optische Sensoren und Lichtwerkzeuge

In den Visionen von PhoenixD werden die digitalisierten, adaptiven Optiken in alle Lebensbereiche hineinwirken. Die Vielzahl optischer Elemente und Materialien, die bereits für Spezialanwendungen entwickelt wurden, dienen hierbei als Ausgangspunkt. Sebastian Dikty, Geschäftsführer des Exzellenzclusters, gibt einen Überblick über die möglichen Anwendungen: »Zum Beispiel könnte in Zukunft die individuelle Brille samt Gestell und Optik aus dem 3D-Drucker kommen und sich situativ an Sehschärfe oder Helligkeit anpassen«, führt er aus. Ebenso könnten leichte und kostengünstige optische Sensorsysteme einen Tropfen Blut oder Proben aus der Umwelt schnell und präzise vor Ort analysieren.

Für die industrielle Fertigung planen die Forscherinnen und Forscher neuartige Messkonzepte. Optische Präzisionsmessgeräte sollen dabei

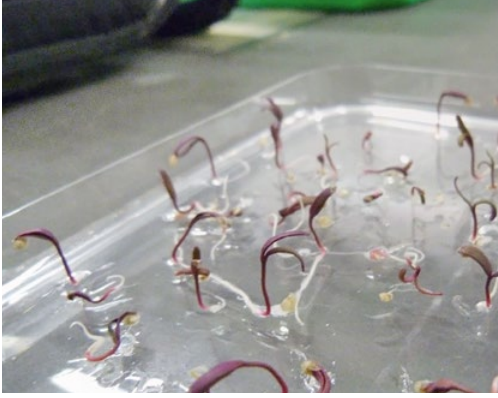
anspruchsvolle Prozesse steuern, um selbstlernende und -optimierende Elemente in die Prozessketten zu integrieren. »Auch auf dem Gebiet der Lichttechnik sowie der Umwelt- und Arbeitssicherheit wird PhoenixD mit adaptiven, flexiblen und individuellen Lichtwerkzeugen neue Entwicklungen anregen«, stellt Sebastian Dikty in Aussicht. Beispiele sind hochdynamische Beleuchtungssysteme für Fahrzeuge (siehe Seite 15) sowie integrierte optische Sensoren und Kommunikationssysteme im Automotive-Bereich, 3D-Projektoren mit Mensch-Maschine-Interaktion sowie Gas- und Flüssigkeitssensoren.

Vielleicht werden Landwirte bald imstande sein, Unkraut ohne Herbizide effizient zu bekämpfen – mit Hilfe eines schnellen und hochpräzisen Mehrstrahl-Laserscanning-Systems, das Unkraut optisch von Nutzpflanzen unterscheidet (siehe Seite 11). Darüber hinaus stehen wissenschaftliche Optiken im Fokus von PhoenixD, etwa hochauflösende Mikroskopie und Bildgebung. Schließlich wird PhoenixD kompakte Laserlichtquellen, aktive und passive mikro- und nanooptische Komponenten sowie präzise Lasermessgeräte wie Interferometer oder resonante Strukturen anbieten. Diese Systeme sollen disziplinübergreifend einsetzbar sein und im Vergleich zu derzeitigen Geräten eine deutlich reduzierte Komplexität und potenziell neue Funktionalitäten aufweisen.

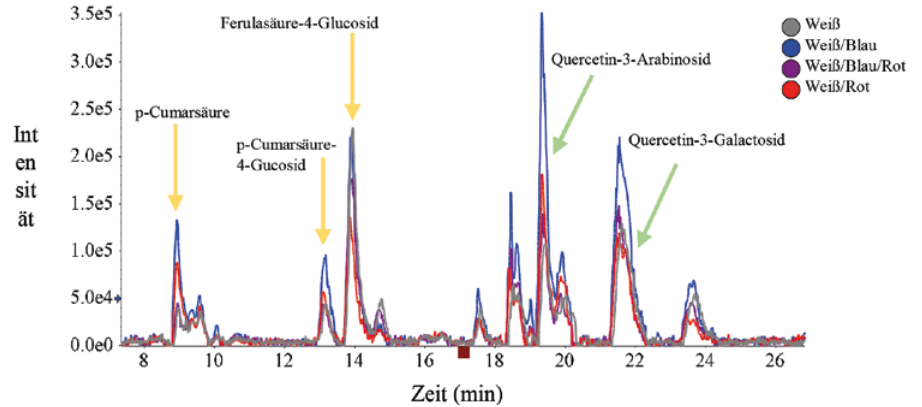
### Exzellenzcluster PhoenixD Leibniz Universität Hannover

Telefon 0511 762-14770  
office@phoenixd.uni-hannover.de  
www.phoenixd.uni-hannover.de

Pho



Quinoa-Sprossen reagieren auf Licht verschiedener Wellenlängen mit verändertem Wachstum und der Bildung unterschiedlicher Pflanzenstoffe.



Die massenspektrometrische Analyse von Quinoa-Extrakten zeigt, dass sich der Gehalt an Inhaltsstoffen je nach Lichteinwirkung erhöhen lässt.

## Blaulicht – Vorfahrt für wertvolle Pflanzenstoffe

Pflanzen enthalten eine Vielzahl von wertvollen Inhaltsstoffen, die unsere Gesundheit fördern. Die Konzentration dieser Substanzen hängt von den Umweltbedingungen ab, zum Beispiel von den Lichtverhältnissen. Das Institut für Botanik der Leibniz Universität Hannover untersucht, wie sich der Gehalt gesundheitsfördernder Pflanzenstoffe durch verschiedene Lichtqualitäten erhöhen lässt.



Bei der LED-Beleuchtung in der Klimakammer am Institut für Botanik lassen sich die Wellenlängen und Intensität variieren.

Licht reguliert nicht nur das Größenwachstum der Pflanzen, sondern ihren gesamten Stoffwechsel. Damit beeinflusst Licht auch die Bildung sekundärer Stoffwechselprodukte, die für die Pflanzen meist nicht lebensnotwendig sind. Viele dieser Substanzen sind aber wertvoll für unsere Gesundheit. So wirken Flavonoide und phenolische Verbindungen stark antioxidativ. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) etwa zeichnet sich durch eine hohe Konzentration dieser Verbindungen und einen hohen Proteingehalt im Samen aus. Zudem ist die stresstolerante Pflanzenart aus den Anden an extreme Umweltbedingungen angepasst und hat somit weltweit Interesse als Nutzpflanze gefunden.

Die Botanikerinnen und Botaniker untersuchen in Hannover die Auswirkungen verschiedener Lichtwellenlängen auf das Wachstum und die Konzentration der sekundären Pflanzenstoffe von Quinoa-Sprossen. Dazu ziehen sie Quinoa-Setzlinge in Petrischalen unter blauem, rotem und weißem Licht mit verschiedenen Intensitäten und Einwirkzeiten an. Nach sechs Tagen identifizieren sie einzelne Verbindungen mittels Massenspektrometrie, analysieren das Wachstum der Setzlinge, die Konzentration an phenolischen Säuren, Flavonoiden und die antioxidative Kapazität.

Die Ergebnisse zeigen, dass blaues Licht die Gesamtkonzentration von Flavonoiden im Vergleich zu rotem und weißem Licht erhöht hat. Vor allem Quercetin-konjugierte Verbindungen wurden durch die unterschiedlichen Lichtwellenlängen beeinflusst. Das deutet auf einen bestimmten Biosyntheseweg hin, der auf Blaulicht reagiert. Die Gesamtkonzentration der phenolischen Substanzen änderte sich im Vergleich zur Kontrolle nicht durch das blaue Licht. Eine einzelne Phenolsäure, die Ferulasäure, wurde nur bei Blaulicht gebildet, das Wachstum der Pflanzen ging hingegen leicht zurück. Das Forschungsteam arbeitet daran, die Erhöhung von gesundheitsfördernden Substanzen durch Kultivierung unter bestimmten Lichtbedingungen noch besser zu verstehen und in die Praxis umzusetzen.

### Leibniz Universität Hannover Institut für Botanik

Sebastian Pinzón González, M. Sc.

Dr. Yvana Glasenapp

Prof. Dr. Jutta Papenbrock

papenbrock@botanik.uni-hannover.de

www.botanik.uni-hannover.de



# Biophotonik — maßgeschneidertes Licht für Pflanzen

## Dynamisch steuerbare LED-Belichtungsmodule für In-vitro-Kulturen

**P**flanzen erhalten die Energie für Wachstums- und Stoffwechselprozesse durch Licht. Gleichzeitig dient Licht über spezifische Fotorezeptoren als Informationsquelle und hat Einfluss auf wichtige Entwicklungsprozesse wie Blüteninduktion, Spross- und Wurzelbildung sowie die Komposition von Inhaltsstoffen. In der pflanzlichen In-vitro-Kultur jedoch bleibt insbesondere der physiologische Effekt der Lichtqualität oft ungenutzt.

Durch die In-vitro-Kulturtechniken werden beispielsweise qualitativ hochwertige Pflanzen wie Orchideen, Gehölze und Aquariumpflanzen vegetativ vermehrt oder isolierte Pflanzenzellen regenerieren auf künstlichem Nährmedium zu vollständigen Pflanzen. Notwendige Wachstumsprozesse werden vorrangig durch Zugabe von Pflanzenhormonen ausgelöst. Allerdings gibt es dadurch auch nachteilige Effekte wie genetische, epigenetische oder morphologische Veränderungen. Am Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme der Leibniz Universität Hannover sehen die Forschenden vor allem im Faktor Licht einen innovativen Ansatz, um pflanzliche Entwicklungsprozesse zu steuern.

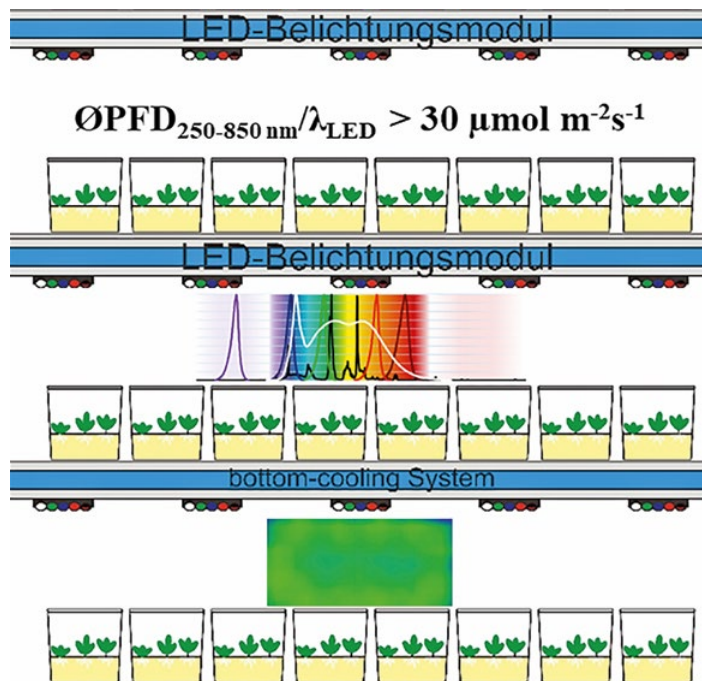
Im Gegensatz zu Leuchtstoffröhren mit konstantem Emissionsspektrum, die pflanzliche Kulturen üblicherweise belichten, stellen LEDs eine immer effizienter werdende Alternative dar. Aus diesem Grund hat Masterstudent Hans Bethge an der Universität Hannover, unter der Leitung von Prof. Traud Winkelmann und in Kooperation mit Prof. Thomas Rath von der Hochschule Osnabrück,

ein flexibles Belichtungsmodul entwickelt. Mit diesem speziell für die In-vitro-Kultur konzipierten LED-Forschungsmodul können die Forschenden Effekte von Licht in verschiedenen Entwicklungsphasen der Pflanzen untersuchen und unterschiedliche Lichtcharakteristika dynamisch steuern. Unter Berücksichtigung biophotonischer Aspekte höherer Pflanzen wählten sie die Emissionspeaks der LEDs anhand der Absorptionsmaxima der pflanzlichen Fotorezeptoren aus.

Das Modul ist Mikrocontroller-basiert und steuert drahtlos über eine Webseite Lichtintensität, Lichtqualität, Photoperiode und Frequenz der LEDs. Als weitere Besonderheiten verfügen die Prototypen über aktive Wasserkühlung, Temperatursensoren, homogene Lichtintensitätsverteilung sowie UV-B-LEDs. Das Institut hat eine Anschlussförderung des Gesamtprojekts zur Weiterentwicklung der Prototypen bereits beantragt.

**Leibniz Universität Hannover**  
**Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme**

Hans Bethge, B. Sc.  
Prof. Dr. Traud Winkelmann  
bethge@baum.uni-hannover.de



Die im Mehretagenssystem installierten LED-Belichtungsmodule sind speziell für die pflanzliche In-vitro Kultur entwickelt worden. Sie zeichnen sich durch variable Lichtintensität, dynamisch einstellbare spezifische Emissionsspektren und homogene Verteilung der Lichtintensität aus.



Mit dem eigens entwickelten Webinterface lassen sich die Belichtungsmodule ansteuern.

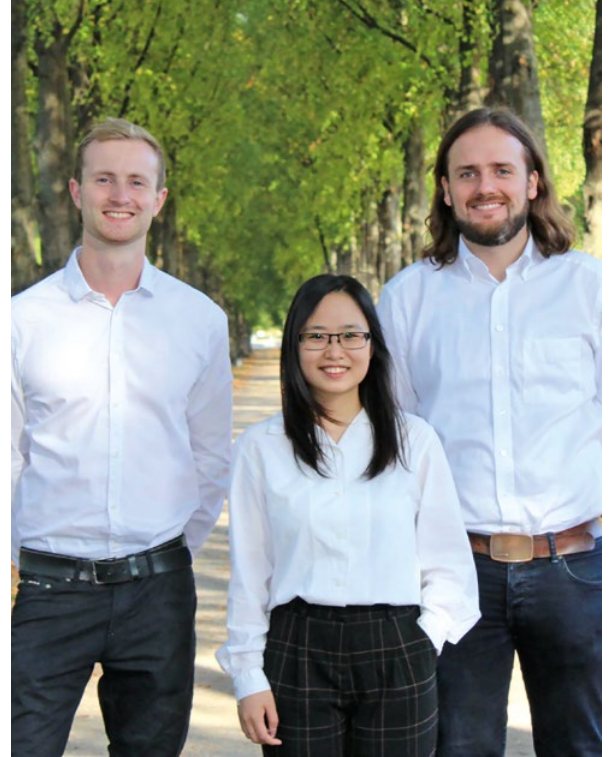
# Digitalisierung im Stall entlastet Tierwirte

In der Landwirtschaft liegen große Potenziale für den Einsatz digitaler Technologien. Das Start-up corvitac entwickelt mit dem Pig-Counter ein vollautomatisches Zählsystem, das Tierwirte bei ihren aufwändigen Dokumentationsaufgaben unterstützt.

Von Christina Amrhein-Bläser

**Z**unehmende Dokumentations- und Organisationsaufgaben haben die Arbeit in der Landwirtschaft stark verändert. Existenzgründer Manuel Sprehe weiß, wovon er spricht: »Als Kind habe ich meinem Vater regelmäßig bei seiner Arbeit als Ackerbauer und Schweinehalter geholfen und ihn zum Beispiel bei der Tierkontrolle unterstützt. Heute findet ein Großteil seiner Arbeit im Büro statt.« Viele Landwirte könnten mittlerweile nur noch selten im Stall sein, erzählt Manuel Sprehe. Dadurch ginge viel Erfahrung und Zeit verloren, um etwa frühzeitig Krankheiten oder andere Probleme bei den Tieren zu erkennen. »Mit unserem Unternehmen wollen wir die Bürokratie soweit automatisieren, dass mein Vater, seine Kolleginnen und Kollegen wieder mehr Zeit haben, sich selbst um die Tiere zu kümmern.«

Das Gründungsteam corvitac wird vom Mechatronik-Zentrum Hannover der Leibniz Universität betreut und von einem EXIST-Gründerstipendium



Timo Kaiser (von links), Yiyun Luo und Manuel Sprehe entwickeln mit ihrem Start-up corvitac ein automatisiertes Kamerasystem, um Tierwirte von Bürokratie zu entlasten.

unterstützt. Zusammen mit Timo Kaiser und Yiyun Luo entwickelt Maschinenbauingenieur Manuel Sprehe ein Kamerasystem, welches Tiere automatisiert erfassen und damit Kontroll- und Dokumentationsaufgaben deutlich beschleunigen und vereinfachen soll. Der Pig-Counter soll Schweine während der Umstallung fehlerfrei zählen, die Tieranzahl speichern und an entsprechende Melde-datenbanken übermitteln sowie den Tierzustand belegen. Die Daten lassen sich automatisch im betriebsinternen Qualitätsmanagementsystem speichern. Zusätzliche Hardware oder RFID-Ohrmarken sind nicht notwendig.

»Die Schweine leben je nach Altersstufe in speziell dafür ausgelegten Sauen-, Ferkel- oder Mastställen«, erläutert Manuel Sprehe. »Üblicherweise werden die Tiere mindestens zweimal pro Umstallung durch das Personal von Hand gezählt.« Selbst in kleinen Betrieben sei die Zählung zeitaufwändig, »und jeder Fehler führt zu einem Umsatzverlust, wenn der Landwirt die Tiere verkauft«, berichtet er. Der automatisierte Zählprozess entlaste nicht nur den Landwirt zeitlich und finanziell, sondern reduziere auch den Stress für das Tier. »Mit dem gesicherten Videomaterial kann der Landwirt zudem die Haltungsqualität transparent gegenüber der Gesellschaft nachweisen«, hebt der Gründer einen weiteren Vorteil hervor. Sein Team plant nun, das System im Markt zu testen und um zusätzliche Module zu erweitern.

**corvitac**  
c/o MZH – Mechatronik-Zentrum Hannover  
Leibniz Universität Hannover

Manuel Sprehe, M. Sc.  
team@corvitac.de  
www.corvitac.com

# Unkraut mittels Lasertechnik bekämpfen

Das Laser Zentrum Hannover (LZH) arbeitet an einem neuen Ansatz für die Unkrautbekämpfung in der Pflanzenproduktion. Statt Herbizide nach dem Gießkannenprinzip auszubringen, wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Unkraut physikalisch bekämpfen: Ein Laser soll das empfindliche Wachstumszentrum »veröden«.

Das Ziel des neuen Projektes ist es, weniger Herbizide auf Anbauflächen auszubringen und die wuchshemmenden Beikräuter selektiv durch Laserstrahlung zu entfernen. Dazu entwickelt die Gruppe Food and Farming einen Demonstrator mit einem robusten, feldtauglichen und sicheren Lasersystem. Zusammen mit verfügbaren Sensor- und Fahrzeugsystemen soll ein solcher Demonstrator in naher Zukunft über die Anbauflächen fahren und Beikraut anhand der Merkmale Form und Absorptionsspektrum optisch erkennen. Um ungewollte Pflanzen präzise veröden zu können, ermitteln die Forschenden im weiteren Projektverlauf die notwendige Bestrahlungsdauer und -dosis zur letalen Schädigung der Pflanzen.

Je nach eingesetztem Laser, verwendeter Parameter und zu schädigender Pflanzenart können die Bestrahlungsdauern erheblich variieren. Unterschiedliche Veröffentlichungen zeigen notwendige Bestrahlungen von wenigen Millisekunden bis zu einer Sekunde. Der laserbasierte Ansatz hat gleich mehrere Vorteile: Pflanzenbauer brauchen weniger Herbizide, die Pflanzen können keine Resistenzen gegen die Laserstrahlung entwickeln, für die aus Sicht der Biodiversität nützlichen Beikräuter und Nützlingsinsekten auf den Flächen entstehen keine

Nachteile und auch die Lebensmittelproduktion wäre chemisch weniger belastet.

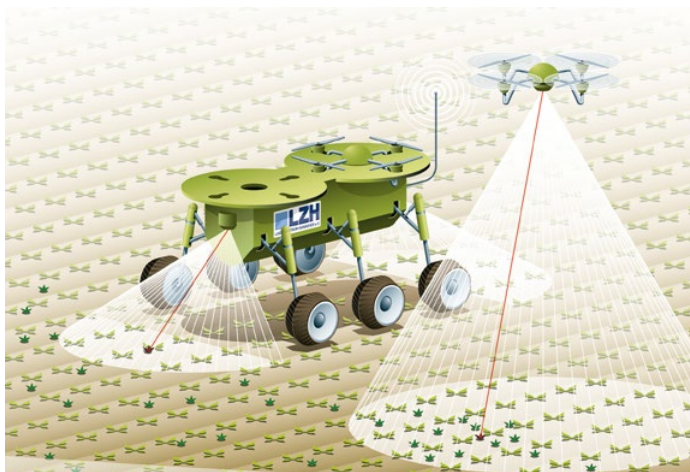
Die laserbasierte Unkrautbekämpfung wurde bereits in mehreren Publikationen erfolgreich demonstriert. Notwendig für einen großflächigen Einsatz sind jedoch noch robustere Laserstrahlquellen sowie eine möglichst fehlerfreie optische Beikrautererkennung unter schwierigen Umwelt- und Bodenbedingungen. Das LZH forscht im Exzellenzcluster PhoenixD an der Entwicklung neuer, stabiler und preiswerter Optiken, die einen wartungsarmen und störungsfreien Normalbetrieb ermöglichen.

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt fördert das Projekt »NUBELA«. Als Kooperationspartner beteiligen sich die Firmen LASER on demand aus Niedersachsen und IPG Laser aus Nordrhein-Westfalen. Das Projektteam will die Technologie möglichst schnell zur Marktreife bringen.

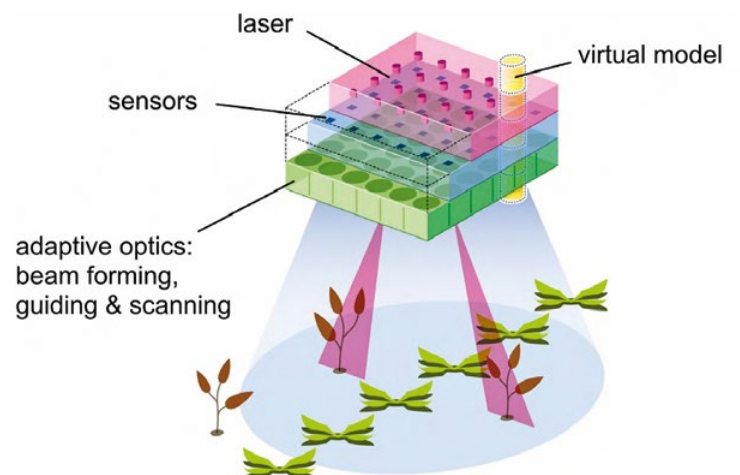
**Laser Zentrum Hannover e.V.**  
**Abteilung Industrielle und Biomedizinische Optik**  
 Dr. Tammo Ripken  
 Telefon 0511 2788-228  
 t.ripken@lzh.de  
 www.lzh.de



Wenn hochdosierte Laserstrahlung die Wachstumszentren unerwünschter Beikräuter verödet, stirbt die Pflanze (Mitte, nach 14 Tagen) oder wächst schwächer (rechts). Links ist eine unbehandelte Kontrollpflanze.



Vision von autonomen Feldrobotern zur Laser-gestützten Unkrautbekämpfung



Struktureller Aufbau einer robusten Applikationsoptik



Der Infrarotsensor NIRScreen untersucht beim Milchpulver Kontaminationen durch Melamin.



Der Sensor ist mit Powerbank für den mobilen Einsatz geeignet.

## Durchblick mit Infrarot-Sensoren

### Die nächste Generation der Prozessanalytik

In vielen industriellen Produktionsprozessen ist eine kontinuierliche Kontrolle der Vorgänge unabdingbar. Bei der Qualitätsprüfung von Rohstoffen und Produkten bei Lebensmitteln, Milcherzeugnissen, Kunststoffen oder Kraftstoffen ist die Prozessanalytik aktuell aber nur auf wenige messbare Parameter beschränkt, zum Beispiel pH-Wert, Temperatur und Leitfähigkeit. Der Diplom-Chemiker René Ungermann hat in seiner Forschungszeit an der Universität Oldenburg einen großen Bedarf an neuen sensitiven Messgeräten erkannt, die sich direkt vor Ort einsetzen lassen. Er gründete 2018 mit der Unterstützung der Universität und eines EXIST-Gründerstipendiums das Start-up InProSens.

Mit seiner Expertise für optische Messtechnik entwickelt das Team innovative Sensoren auf Basis von nahem Infrarot (NIR) für unterschiedlichste chemische Strukturen. Aufgrund des modularen Aufbaus sind die Sensoren universell für verschiedenste Anwendungen einsetzbar, in denen feste, flüssige oder pastöse Substanzen und Materialien kontinuierlich oder auch stichprobenartig untersucht werden sollen. Sie eignen sich etwa für Milch, Öle, Fette, Polymere, Kraftstoffe, Algen und Nährstoffe. Es sind weder Reagenzien noch eine vorherige Probenaufbereitung notwendig. Die Sensoren der Produktlinien NIRScreen und NIRLyzer können

dank des breiten Lichtspektrums (900 bis 2500 nm) verschiedenste Parameter in direkter Prozessumgebung berührungslos erfassen. So lassen sich bei diversen Lebensmitteln unter anderem Reifegrad, Feuchte-, Fett- und Proteingehalt messen.

Die smarten Sensoren sind sowohl als mobiles Gerät als auch als Labor- und automatisierte Industrieprozessvariante erhältlich. Die Software lässt sich über einen Touchscreen oder alternativ über ein eigenes Endgerät bedienen, indem der Sensor ins eigene Netzwerk eingebunden wird. Aktuell werden die Sensoren bereits im Interreg-Projekt MEDUWA eingesetzt, um die Filtrationsleistung von Hochleistungsfiltersystemen zu überwachen. Bei interessierten Unternehmen kann das Gründungsteam unverbindlich Testmessungen vor Ort vornehmen oder anhand von Proben prüfen, ob die Sensoren für die gewünschten Anwendungen einsetzbar sind. Das Start-up ist sehr an Kooperationen und neuen Anwendungsfeldern für seine Produkte interessiert.

**InProSens UG (haftungsbeschränkt), Oldenburg**

Dipl.-Chem. René Ungermann  
 info@inprosens.com  
 www.inprosens.com

# Mehr sehen in der Mikroskopie

## Digital steuerbare Filter beschleunigen Bildaufnahmen

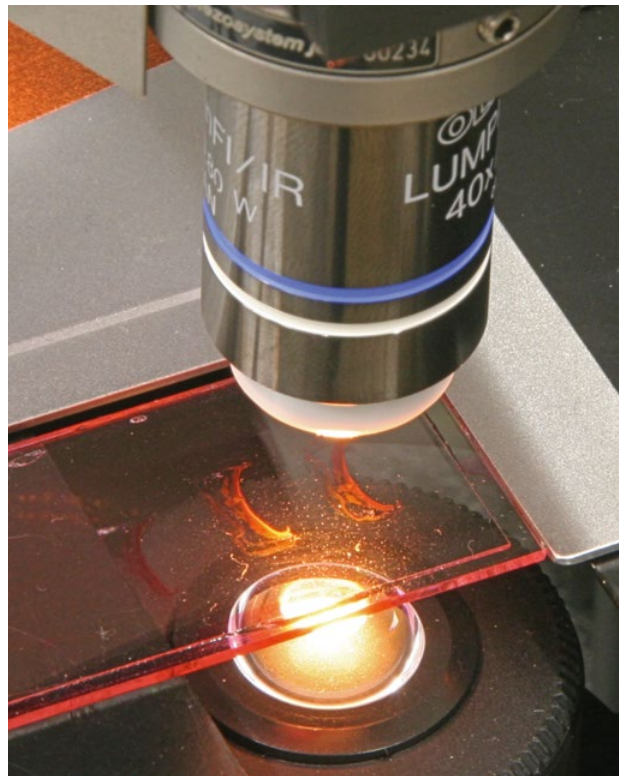
Zellen beim Leben zusehen – der Goldstandard in der Forschung dazu ist die Fluoreszenzmikroskopie. Anfärbungen sorgen für einen spezifischen, hohen Kontrast des Bildes. Um genaue Untersuchungsergebnisse zu erhalten, müssen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die spektralen Eigenschaften optimal auf die Anwendung und Fluoreszenzfarbstoffe einstellen. Hierfür kombinieren sie gewöhnlich mehrere optische Filter, die sie mechanisch wechseln müssen – meist den kompletten Filtersatz. Die Arbeitsgruppe Laser in der Medizin, Mikroskopie und Analytik der Hochschule Emden/Leer hat in Kooperation mit der Firma AHF analysentechnik AG das TuneCube-Mikroskop entwickelt. Dieses innovative System ermöglicht erstmals schnelle, hyperspektrale Bildaufnahmen ohne Filterwechsel.

Die durchstimmbaren Dünnschichtfilter lassen sich dynamisch, per Softwaresteuerung, im Winkel variieren. Da so die spektralen Eigenschaften eines Filters verändert werden können, ersetzt das System mehrere Filtersätze und kann sogar neue generieren; Strahlteiler entfallen vollständig. Diese flexible digitale Ansteuerung erlaubt es, mehrere Farbkanäle ohne Filtertausch schnell und adaptiv aufzunehmen. Die verwendeten Dünnschichtfilter zeichnen sich durch hohe Transmission im Messbereich aus und unterdrücken gleichzeitig unerwünschte Strahlung effizient. Ohne Nachjustierung können Anwender schnell zwischen Standard-Fluoreszenzmikroskopie und hyperspektraler Bildgebung wechseln, die im vollen Sichtfeld der Probe erfolgt.

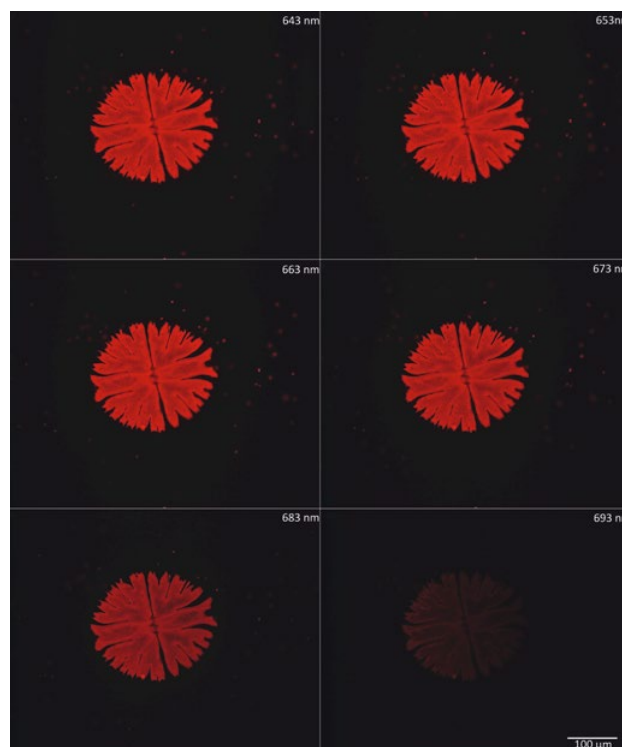
Im Vergleich zu einem Forschungsmikroskop Zeiss Axio Observer ist das TuneCube-Mikroskop bezogen auf eine Standard-Referenzprobe (Argolight) ebenbürtig bezüglich Bildqualität, Beleuchtungshomogenität, Feldverzerrung und Kontrast. Messungen an Quantendots zur spektralen Charakterisierung ergeben eine Auflösung von unter drei Nanometern, für alle Kombinationen durchstimmbarer Filtertypen ohne Bildkorrekturalgorithmen. Das System eignet sich zum einen zu sub-beugungsbegrenzten Methoden, zum Beispiel zur Förster-Resonanzenergietransfer (FRET)- und zur  $\text{Ca}^{2+}$ -Bildgebung. Zum anderen ermöglicht es spektroskopische Anwendungen, etwa zur Analyse variabler Spektren mit relativer Helligkeitsreferenz oder zur spektralen Auftrennung nah benachbarter Linien.

**Hochschule Emden/Leer**  
**Institut für Laser & Optik**

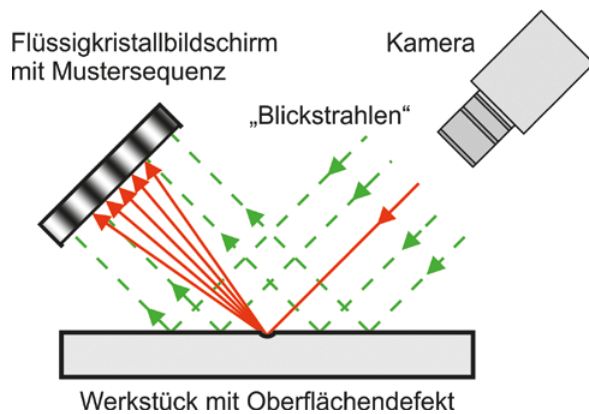
Prof. Dr. Walter Neu  
Telefon 04921 807-1456  
walter.neu@hs-emden-leer.de  
<https://ilo.hs-emden-leer.de>  
[www.ahf.de](http://www.ahf.de)



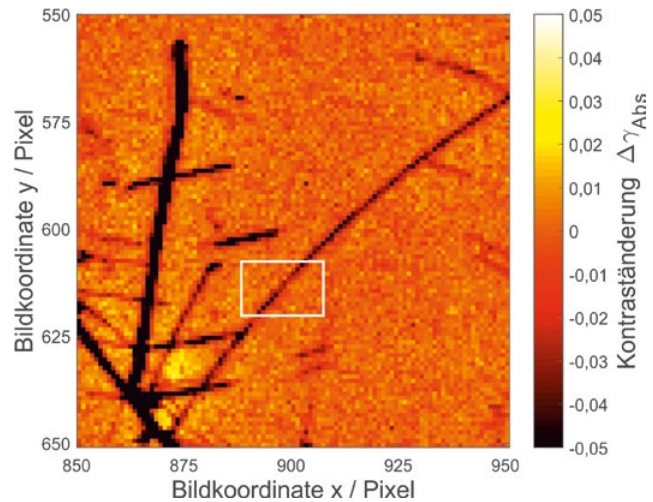
Das neuartige Fluoreszenzmikroskop ermöglicht eine hyperspektrale Vollfeld-Bildgebung mit durchstimmbaren Dünnschichtfiltern.



Ohne Filterwechsel lassen sich verschiedene Chlorophyll-Fluoreszenzspektren der Grünalge *Micrasteria* aufnehmen (Falschfarbendarstellung).



Das neue Messprinzip weist Defekte an spiegelnden Oberflächen sehr empfindlich nach. Selbst winzige Kratzer oder Einschlüsse streuen das reflektierte Licht, vermindern den Kontrast und sind dadurch detektierbar.



Das neuartige Verfahren erfasst sogar Kratzer, deren Abmessungen deutlich unterhalb der Digitalauflösung des Kamerasystems liegen – hier einen Kratzer mit einer Breite von 3,5 µm (dunkle Struktur in weiß markiertem Ausschnitt) bei einer Auflösung von zirka 54 µm/Pixel.

## Defekte an Oberflächen — dem Licht entgeht nichts

Neues Prüfverfahren erleichtert Automatisierung

Viele technische Erzeugnisse weisen spiegelnde oder transparente Oberflächen mit bestimmten Funktionen auf. Hierzu zählen etwa optisch abbildende Grenzflächen von Spiegeln und Linsen, aber auch lackierte oder polierte Oberflächen von Konsumgütern, die der Produktästhetik dienen. Um die Produktqualität sicherzustellen, ist es oftmals erforderlich, auch kleine Oberflächendefekte wie Kratzer oder Poren zu lokalisieren und zu klassifizieren. Diese Aufgabe übernehmen in vielen Fällen noch Qualitätsprüfer durch visuelle Sichtprüfung. Das erfolgt üblicherweise unter Dunkelfeldbeleuchtung, wobei sich die fehlerhaften Strukturen vor einem dunklen Hintergrund hell abheben. Bei diesem Vorgehen ist eine Automatisierung sehr schwierig.

Das Institut für Produktionsmesstechnik (IPROM) der Technischen Universität Braunschweig hat für derartige Inspektionsaufgaben ein neuartiges Messprinzip entwickelt und erprobt. Dieses begünstigt die Automatisierung des Prüfprozesses durch eine einfacher beherrschbare Beobachtung in Hellfeldanordnung. Hierbei zeigt ein Flüssigkristalldisplay Mustersequenzen an, eine elektronische Kamera zeichnet das vom Prüfling durch Spiegelung oder Brechung beeinflusste Abbild auf. Oberflächendefekte verändern das Streuverhalten in charakteristischer Weise. Durch Bestimmung der lokalen Kontrastverhältnisse können die Anwender das Streuverhalten der Oberfläche orts aufgelöst charakterisieren.

Auf diese Weise kann das Verfahren mit hoher Empfindlichkeit Kratzer, Schrammen, Verunreinigungen, Poren, Einschlüsse oder vergleichbare Unvollkommenheiten sichtbar machen. Das IPROM belegt mit seinen bislang durchgeführten Untersuchungen, dass das Messprinzip an ebenen und gekrümmten Oberflächen sowohl in Reflexion als auch in Transmission anwendbar ist. Ein vorteilhafter Unterschied zur verwandten Deflektometrie besteht darin, dass keinerlei geometrische Einmessung der Systemkomponenten erforderlich ist. Somit lässt sich das Verfahren sehr flexibel an unterschiedliche Prüfsituationen anpassen. Das Institut sucht Kooperationspartner, die das Verfahren testen und an ihre jeweiligen Problemstellungen anpassen möchten.

**Technische Universität Braunschweig  
Institut für Produktionsmesstechnik**

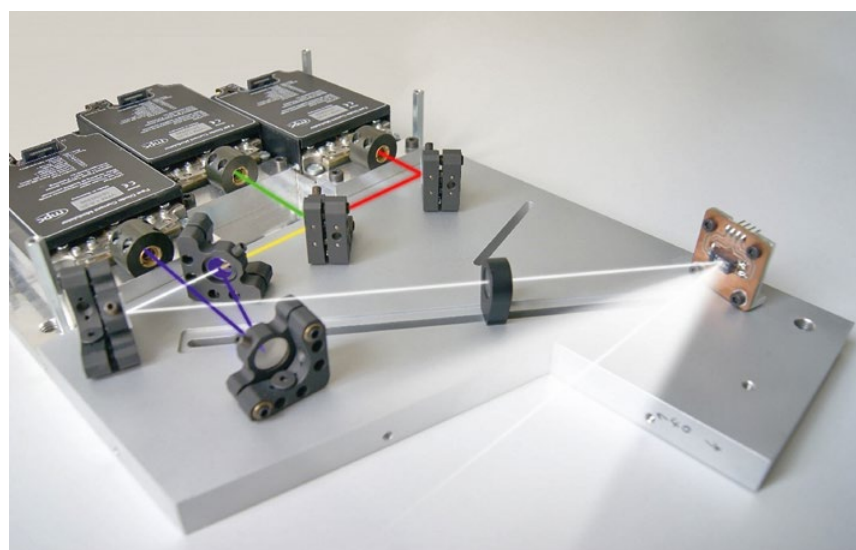
Prof. Dr.-Ing. Rainer Tutsch  
Dr.-Ing. Marcus Petz  
Telefon 0531 391-7028  
iprom@tu-braunschweig.de  
www.iprom.tu-bs.de

# Kommunizierende Scheinwerfer für sicheren Straßenverkehr

## Innovative Konzepte für autonome Fahrzeuge

**S**ehen und gesehen werden – auf diesem Grundsatz basiert die Sicherheit im Straßenverkehr. Die Kommunikation im Verkehrsraum ist durch den Blickkontakt zwischen Fahrzeugen und Personen sowie durch das Verhalten jedes einzelnen Verkehrsteilnehmers geprägt, zum Beispiel an Zebrastreifen. In einem zukünftigen Szenario, bei dem teil- und vollautonome Fahrzeuge am Straßenverkehr teilnehmen, wird der für die gefühlte Sicherheit wichtige Blickkontakt entfallen. Forscherinnen und Forscher des Instituts für Produktentwicklung und Gerätebau der Leibniz Universität Hannover beschäftigen sich daher mit der Frage, wie motorisierte und nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer in verschiedensten Situationen sicher miteinander kommunizieren können.

Der Informationsaustausch autonomer Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur (Car-2-X) ist funkbasiert. Doch solange der Verkehrsraum ein offener und zugänglicher Bereich ist, wird es Verkehrsteilnehmer geben, die nicht digital vernetzt sind. Hierzu gibt es verschiedene Lösungsansätze. Das hannoversche Forschungsteam entwickelt Lichtassistenzsysteme nach dem Motto »Licht spricht«. Dabei sollen hochauflösende Scheinwerfer zum Beispiel farbige Informationen oder Symbole auf die Straßenoberfläche sowohl tags als auch nachts projizieren.



Prototyp eines Laserscanners zur adaptiven Ausleuchtung der Straße

Um Informationen wie Warnungen, Navigationshinweise oder Zebrastreifen farblich direkt auf der Straße abzubilden, kommen laserbasierte Systeme zum Einsatz. Der Vorteil ist, dass die Symbole direkt im Blickfeld des Autofahrers liegen oder sich für andere Personen neben das Fahrzeug lenken lassen. Die Laser lassen sich in idealer Weise mit hochauflösenden Fahrzeugscheinwerfern kombinieren. Basierend auf Kamerabildern und anderen Sensordaten leuchten diese den Verkehrsraum adaptiv aus, ohne andere Verkehrsteilnehmer zu blenden. Diese Scheinwerfer bestehen nicht wie üblich aus wenigen Bildpunkten, sondern aus bis zu einer Million Pixeln, die sich einzeln steuern lassen.

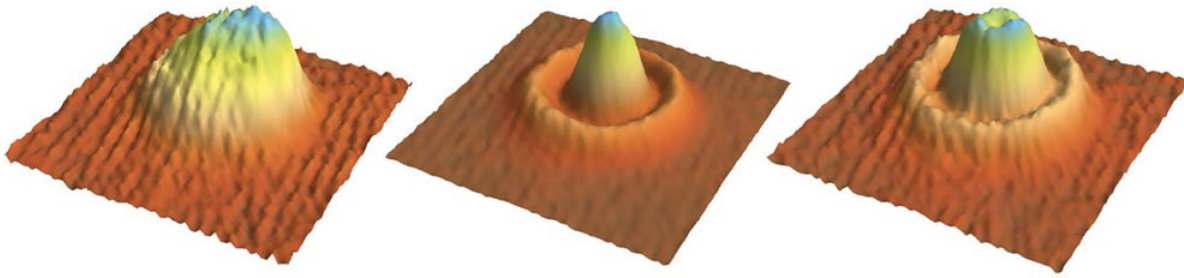
Das Team erarbeitet aktuell, wie Symbole auf der Straße gestaltet werden sollten, damit diese den gewünschten Empfänger erreichen. Darüber hinaus untersucht es Aspekte wie Lasersicherheit, den notwendigen Kontrast bei Tag und Nacht, den erforderlichen Farbraum und die Sichtbarkeit in Abhängigkeit vom Straßenzustand.

### Leibniz Universität Hannover Institut für Produktentwicklung und Gerätebau

Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer  
Marvin Knöchelmann, M. Sc.  
ipeg@ipeg.uni-hannover.de  
ipeg.uni-hannover.de



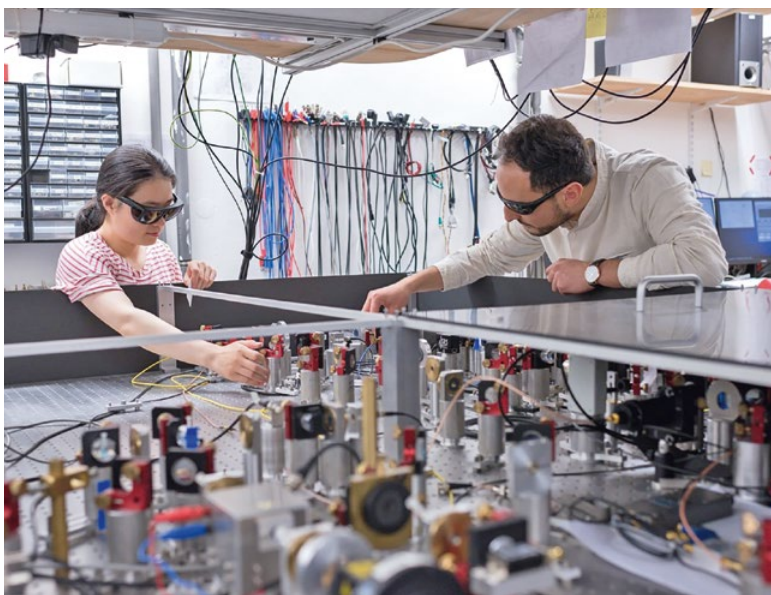
Kontrastreiche Symbolprojektion mit einem hochauflösenden Scheinwerfer



Bei extrem kalten Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt lassen sich Atome als Materiewellen beschreiben. Zu sehen ist die Dichteverteilung eines Rubidium-Gases in einem so genannten Bose-Einstein-Kondensat, deren wellenförmige Ausbreitung an Schwingungsmoden einer Trommel erinnern.

# Quantenforschung für neue Erkenntnisse und Anwendungen

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Niedersachsen widmen sich einer der größten Herausforderungen der modernen Physik: Quanteneigenschaften von Vielteilchensystemen zu verstehen. Sie erforschen, wie sie die Eigenschaften von Licht und Materie messen und kontrollieren können, um Anwendungen zu entwickeln.



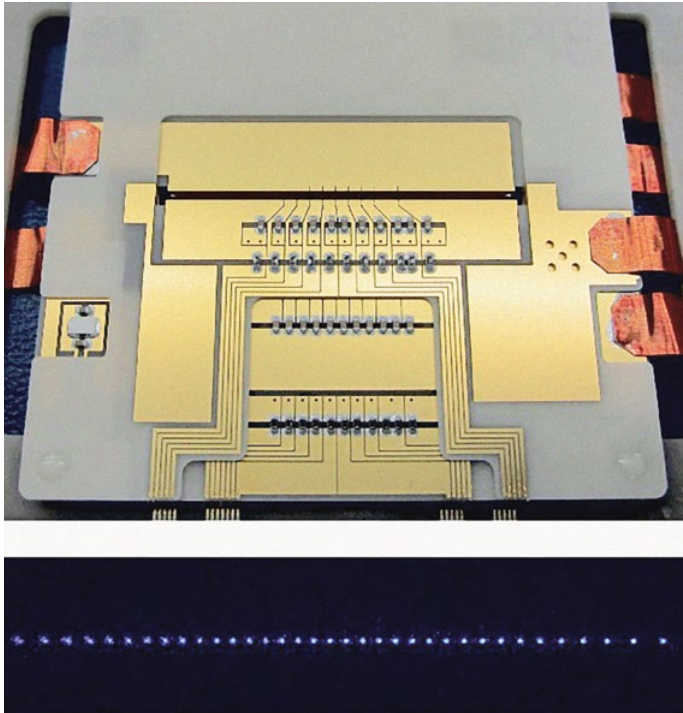
Studierende führen Arbeiten an einem Optik-Experiment durch.

Isolierte Atome und Moleküle stellen schon lange die am besten kontrollierbaren Systeme dar, um fundamentale Fragen der Physik zu studieren und zu beantworten. Die Vision des neuen Sonderforschungsbereichs (SFB) »DQ-mat – Designte Quantenzustände der Materie« ist es, die Kontrolle über isolierte Atome und Moleküle (Ein-Teilchen-Systeme) auf große Quantensysteme (Viel-Teilchen-Systeme) auszudehnen. Hierbei kooperieren die Leibniz Universität Hannover, die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig und das Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation in Bremen. Sie entwickeln neue Methoden zur Herstellung, Manipulation und Detektion von Quantenzuständen, um das Verständnis physikalischer Vorgänge zu erweitern und mögliche Anwendungen in der Metrologie zu erschließen.

## Optische Uhren

Jüngste Entwicklungen in der Messtechnologie, etwa optische Uhren mit einer Genauigkeit von 18 Stellen hinter dem Komma (ein Milliardstel einer Milliardstel Sekunde), demonstrieren eindrucksvoll die Kontrolle über Ein-Teilchen-Systeme. »Das bedeutet, dass die Uhr erst nach 30 Milliarden Jahren – dem doppelten Alter des Universums – um zirka eine Sekunde nach- oder vorgehen wird«, verdeutlicht SFB-Geschäftsführer Dr. Alexander Wanner. Ihm zufolge dienen optische Uhren mit derartig hoher Genauigkeit zum einen der exakten Bestimmung eines Zeitpunktes oder einer Zeitdauer von kurzlebigen Abläufen in der Forschung. Zum anderen lassen sich damit verschiedene Zeitsysteme





Bei der neuartigen Ionenfalle ermöglichen dünne Abstandshalter zwischen den Elektrodenschichten einen 3D-Laserzugriff.

und -skalen koordinieren. Weitere Anwendungen für robuste optische Uhren in der Zukunft sieht er in der Telekommunikation, in der Energieversorgung, zum Kalibrieren in der Industrie und zur Navigation mit deutlich verbesserter Präzision.

Ein Forschungsschwerpunkt liegt auf der Ausdehnung von Ein-Teilchen-Systemen auf große, wechselwirkende und verschränkte Quantensysteme. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln Konzepte zur Manipulation, Erkennung und Charakterisierung von Quantenkorrelationen in Systemen von zehn bis zu zehntausenden von Partikeln. »Letztlich wollen wir die Fähigkeit erlangen«, erläutert Alexander Wanner, »die Wechselwirkung von Atomen und Molekülen mit Licht auszunutzen, um Quantenzustände von Materie zu detektieren und kontrollieren.« Zum Beispiel soll es dadurch gelingen, die Genauigkeit und Auflösung von Quantensensoren wie optischen Uhren und Materiewellen-Interferometern signifikant zu verbessern.

Neben praktischen Anwendungen kann durch hochgenaue Messungen mit optischen Uhren und Materiewellen-Interferometern der nächsten Generation die Physik der Grundbausteine der Materie erforscht werden. »Voraussichtlich können wir dadurch auch unser Verständnis der Naturgesetze überprüfen«, erwartet der Physiker. Dazu gehören beispielsweise Fragen wie: Ändern sich möglicherweise Naturkonstanten? Werden fundamentale Symmetrien in der Physik verletzt? Welchen Einfluss hat Gravitation auf Quantensysteme? Neuartige Beschreibungsmethoden sollen die Computersimulation effizienter machen

und das Verständnis für die Eigenschaften von Verschränkung in Quantensystemen vertiefen. »Die Anwendung neuester Erkenntnisse in der experimentellen Forschung wird es uns erlauben, mögliche Variationen von fundamentalen physikalischen Konstanten nachzuweisen«, erklärt Alexander Wanner. Ein Beispiel dafür ist die Feinstrukturkonstante  $\alpha$ , die die Stärke der elektromagnetischen Wechselwirkung beschreibt, also wie stark ein Elektron vom positiv geladenen Atomkern angezogen wird. Möglicherweise bringen die Forschungen sogar Licht in eines der großen ungeklärten Rätsel der Physik: Wie vereint man Einsteins Relativitätstheorie mit der Quantenmechanik?

#### Schülerlabor foeXlab

Aber auch den Nachwuchs hat der Sonderforschungsbereich im Blick. Das Schülerlabor foeXlab an der Leibniz Universität Hannover wendet sich an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II, an ihre Lehrkräfte sowie an Lehramtsstudierende. Hier gibt es Arbeitsstationen zu den Grundlagen der Optik und fortschrittliche Laser-Interferometer. Das Labor bietet Vorträge sowie Trainings- und Praktikumsprogramme an.

#### Leibniz Universität Hannover Sonderforschungsbereich »DQ-mat«

Prof. Dr. Piet. O. Schmidt  
Prof. Dr. Klemens Hammerer  
Dr. Alexander Wanner  
alexander.wanner@quest.uni-hannover.de  
www.dq-mat.uni-hannover.de

## Was sind Quanten?

Die Quantenphysik beschreibt Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten der Materie, deren Zustände und Vorgänge mit der klassischen Mechanik nicht mehr beschrieben werden können. Beispiele für ein Quant sind das Elektron und das Photon. Die Strom- und Lichtteilchen existieren nur ganz oder gar nicht und können – je nach der Art der Messung – sowohl den Charakter einer Welle als auch den eines Teilchens annehmen (Welle-Teilchen-Dualismus). Wellen breiten sich im Raum aus, schwächen oder verstärken sich durch Überlagerung. Ein klassisches Teilchen kann zu einem Zeitpunkt nur an einem bestimmten Ort anwesend sein. Der Quantentheorie folgend wird nun jedem Körper eine Materiewelle zugeschrieben.

Die Quantenmechanik bezieht sich auf einzelne Teilchen im Größenbereich der Atome und Elementarteilchen und lässt sich auf Systeme mit vielen Teilchen übertragen. Mit den spezifischen Eigenschaften der Quanten sind Computer, Sensoren und neuartige Messtechnologien denkbar, die bisherige Leistungen weit übertreffen. cab



Modified Chemical Vapor Deposition (MCVD)-Anlage am HITec der Leibniz Universität Hannover zur Erforschung neuartiger Faserkonzepte und strahlungsharter Fasern

# Glasfasern als Lichtleiter und Strahlquelle

Spezialanfertigung aus Hannover

**D**ie optische Glasfasertechnologie findet vielfältige Anwendungen in unserem täglichen Leben: in medizinischen Endoskopen, in der Laserbearbeitung von Materialien, in hochmodernen Sensorkonzepten oder auch in der optischen Datenübertragung. Mit dem Ziel, spezielle optische Fasern zu entwickeln und zu produzieren, startet derzeit eine interdisziplinäre Forschungsgruppe an der Leibniz Universität Hannover. Insbesondere sollen maßgeschneiderte Faser-Lasersysteme und neuartige Sensorkonzepte mit sogenannten strahlungsharten Fasern konzipiert werden, die robust genug für den Einsatz im Weltraum sind. Das neu gebaute HITec-Institut stellt hierfür eine leistungsfähige Infrastruktur mit zwei Reinraum-Laboren, die eine vollständige Produktionskette zur Faserherstellung und einen Faserziehturm beherbergen, zur Verfügung.

Die Lichtleitung in optischen Fasern beruht auf dem Effekt der Totalreflexion an einer Grenzfläche: Ein innerer hochbrechender Faserkern ist von einem niedrigbrechenden Mantel umgeben. Durch Zusatz unterschiedlicher Fremdatome, sogenannter Dotanden, im Kern und im Mantel lassen sich die Eigenschaften und der Brechungsindex innerhalb einer solchen Glasfaser gezielt variieren. So gelingt eine praktisch verlustfreie Führung von Licht entlang einer optischen Faser über hunderte von Kilometern. Zudem lassen sich Fasern durch Verwendung spezieller Dotanden wie seltene Erden herstellen, die Licht bis hin zur Laseraktivität verstärken.

Ausgehend von einem hochreinen Glasrohr bauen die Forscherinnen und Forscher zunächst mittels Modified Chemical Vapor Deposition (MCVD) eine sogenannte Preform auf. Dieser Glasstab mit 10 bis 50 Millimeter Durchmesser und über einem Meter Länge wird in der Folge lokal aufgeschmolzen und in einem zwölf Meter hohen Faserziehturm zur fertigen Faser ausgezogen. Auf diese Weise entstehen innerhalb eines Arbeitstages bis zu 200 Kilometer Faser mit einem typischen Faserdurchmesser von 125 Mikrometer. Das besondere Potenzial der Anlagen besteht vor allem in der flexiblen Verwendung komplexer Dotierungsprofile und -materialien bis hin zu Nanopartikeln.

Ein Alleinstellungsmerkmal der eingerichteten Labore ist die Verbindung der klassischen Forschung an laseraktiven Glasfasern mit Weltraumanwendungen, mit den Quantentechnologien und insbesondere auch mit der Quantensensorik. Damit entstehen am Standort Hannover neuartige Möglichkeiten, zukunftsweisende Faserkonzepte zu erforschen und wichtige Impulse für die Lasertechnik und deren Anwendung zu setzen.

**Leibniz Universität Hannover**  
**Hannover Institute of Technology (HITec)**

Prof. Dr. Detlev Ristau

Dr. Axel Rühl

Dr. Matthias Ließmann

d.ristau@lzh.de

[www.iqo.uni-hannover.de/de/arbeitsgruppen/lasercomponentsandfibers/](http://www.iqo.uni-hannover.de/de/arbeitsgruppen/lasercomponentsandfibers/)

# Transistor der Zukunft – ultraschnell dank Licht

## Signalkontrolle im Nanometerbereich

**T**agtäglich werden sie billionenfach verwendet: Elektronische Transistoren dienen in jedem Smartphone oder Computer als kleinstmögliche Recheneinheit. In den Transistoren wird elektrischer Strom dazu verwendet, den Informationsfluss – wiederum Strom – gezielt an- und auszuschalten und somit Rechenoperationen durchzuführen. Einer weiteren Miniaturisierung dieser Bauteile und damit einer Geschwindigkeitszunahme der Prozessoren sind jedoch physikalische Grenzen gesetzt, die bald erreicht sind. Dieser Herausforderung stellen sich Physikerinnen und Physiker der Universität Oldenburg und erproben ein völlig neues Konzept zur Funktionsweise eines Transistors.

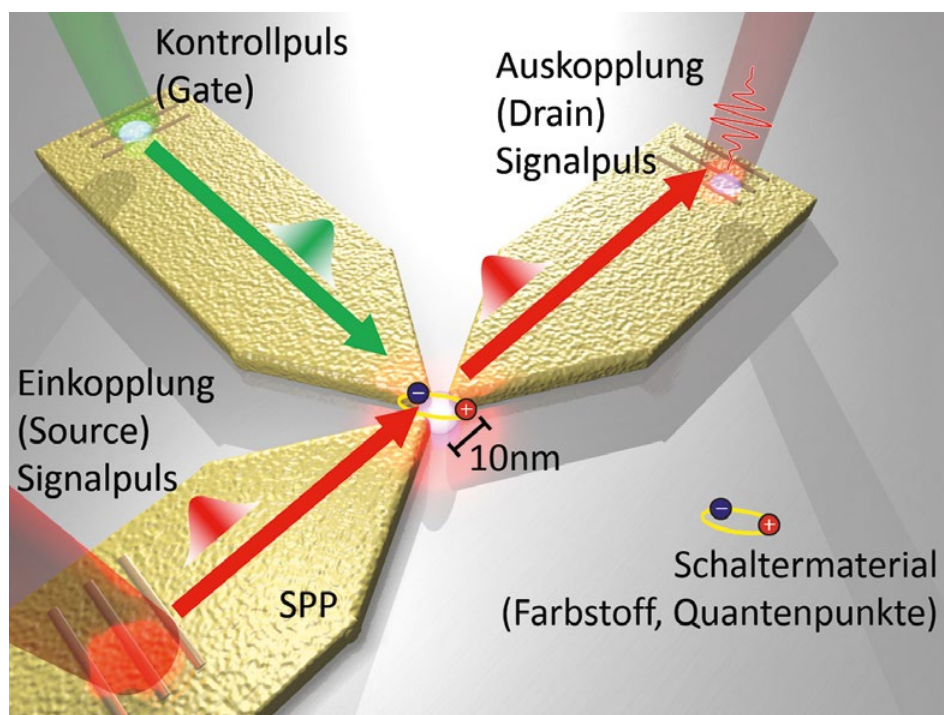
Anstelle des Stromflusses durch Elektronen wollen sie Licht, also Photonen, dazu verwenden, den Informationsfluss in Form anderer Photonen gezielt zu steuern. Photonen lassen sich jedoch sehr ungern auf kleine Dimensionen einsperren und reagieren zusätzlich kaum mit anderen Photonen. Dies sind jedoch Voraussetzungen für einen funktionierenden photonischen Schalter. Die Forschenden stellen nun in diesem Projekt extrem kleine metallische Strukturen mit der neuartigen Methode der Heliumionen-basierten Lithographie her. Diese nutzen sie, um die Wechselwirkung von Licht in Metallen in

Form von sogenannten Plasmonwellen mit nur einigen wenigen Schaltermolekülen wie Farbstoffen oder Quantenpunkten zu erzwingen.

Dabei kann der in der Abbildung grün dargestellte Kontrollpuls darüber entscheiden, ob der von unten links eingekoppelte Signalpuls bis zur Auskopplung durchgelassen oder vom Schaltermaterial absorbiert wird – und das auf einer räumlichen Skala von nur wenigen Nanometern. Die Geschwindigkeit, mit der dieser Schalter im Prinzip geöffnet und geschlossen werden kann (also die Taktrate), liegt im Bereich von einigen Terahertz und übertrifft damit die Geschwindigkeit jedes elektronischen Transistors um mehrere Größenordnungen. Das Forschungsteam versucht, einen solchen Schalter erstmals zu realisieren und zu testen. Dabei interessiert es sich vor allem für die hohe Taktfrequenz, die mit einem solchen Schalter erreicht werden kann.

**Universität Oldenburg  
Institut für Physik**

Dr. Martin Silies  
Telefon 0441 798-3515  
martin.silies@uol.de  
[www.uol.de/photonictransistor](http://www.uol.de/photonictransistor)



Der photonische Transistor soll die Signalübertragung beschleunigen: Der Informationsfluss und die Kontrolle über ein Schaltermolekül erfolgt nicht durch elektrischen Strom, sondern durch Licht, also Photonen.

# Schneller als der Wind

Um Windenergieanlagen und Windparks optimieren zu können, benötigt die Windenergieforschung exakte Messmethoden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Zentrums für Windenergieforschung (ForWind) entwickeln an der Universität Oldenburg hierfür neue Technologien, die auf dem Einsatz von Laserlicht und Hochgeschwindigkeitskameras basieren.

Der an der Universität Oldenburg entwickelte hochpräzise Windmesser misst Turbulenzen in einem Offshore-Windpark in der Nordsee.

## Winzige Windwirbel exakt gemessen

**W**er morgens Milch in seinen Kaffee rührt, produziert turbulente Strömungen. Solche Turbulenzen lassen sich überall beobachten – von der Kaffeetasse bis hin zu Wirbeln in der Atmosphäre. Um diese turbulenten Strömungen in der Atmosphäre und ihre Auswirkungen auf Windenergieanlagen besser zu verstehen, hat das ForWind-Team an der Universität Oldenburg eine neue Art von Windmesser entwickelt: das sogenannte 2D-Laser Cantilever Anemometer (2D-LCA).

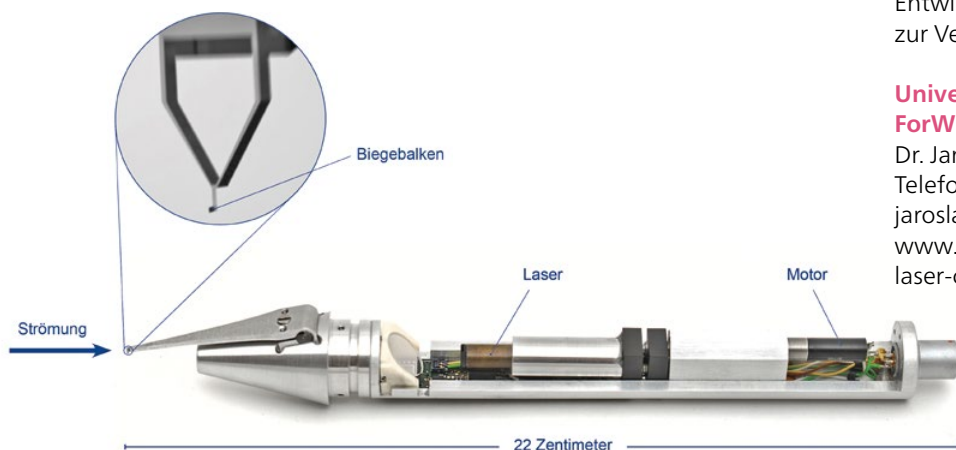
Mit Hilfe eines Lasers kann das 2D-LCA winzige kleine Wirbel im Mikrometerbereich exakt messen mit bis zu 150.000 Messwerten in der Sekunde. Dieses etwa 22 Zentimeter lange Anemometer erfasst Strömungsgeschwindigkeiten in zwei Dimensionen. Dazu wird ein Biegebalken, der Cantilever, in die Strömung gehalten und mit einem Laser angestrahlt. Unter der Kraft der Strömung verbiegt und/oder verdreht sich der Balken und lenkt so den

von ihm reflektierten Laserstrahl in zwei Richtungen ab. Die Richtung des reflektierten Lichtes wird erfasst und intern ausgewertet. Auf diese Weise erreicht der hochsensible Strömungsmesser eine räumliche Auflösung von 160 Mikrometern.

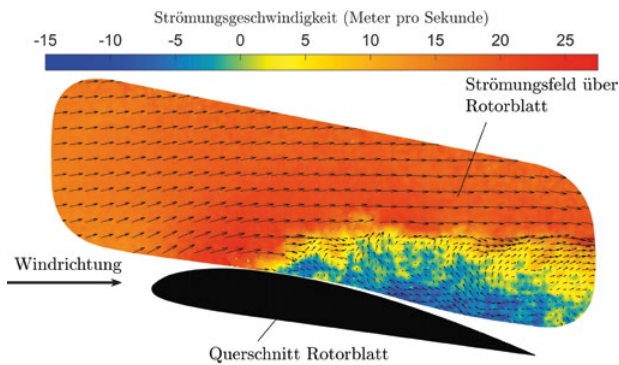
Das Forschungsteam setzt den neuartigen Windmesser in Offshore-Windparks oder bei Experimenten im Oldenburger Windkanal ein. Mit seiner robusten Bauart und der geringen Größe lässt sich das Gerät auch unter schwierigen Bedingungen flexibel anwenden. So lassen sich etwa Strömungsgeschwindigkeiten von Flüssigkeiten mit Partikeln oder nahe einer Begrenzung damit messen. In dem gerade gestarteten Projekt MARL fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie die Weiterentwicklung des 2D-LCAs bis zur Marktreife. Die bestehenden Prototypen sollen insbesondere in Bezug auf Signalqualität und Handhabung verbessert werden und so einer breiteren Nutzergruppe aus öffentlichen Forschungseinrichtungen und Entwicklungsabteilungen privater Unternehmen zur Verfügung stehen.

### Universität Oldenburg ForWind – Zentrum für Windenergieforschung

Dr. Jaroslaw Puczyłowski  
Telefon 0441 798-3952  
jaroslaw.puczyłowski@uni-oldenburg.de  
[www.uol.de/twist/forschung/messtechnik/laser-cantilever-anemometer/](http://www.uol.de/twist/forschung/messtechnik/laser-cantilever-anemometer/)



Beim neuartigen Windmesser erfassen Laser Veränderungen des Biegebalkens im Mikrometerbereich.



Das Strömungsfeld über dem Rotorblatt basiert auf den Messergebnissen und gibt Aufschluss über die einwirkenden Lasten.

## Turbulenzen im Laserlicht

**W**ie strömt der Wind um das Rotorblatt einer Windenergieanlage? Was geschieht, wenn eine Windböe das Blatt trifft? Um die Lebenszeit von Windenergieanlagen zu verlängern, sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf immer genauere Messmethoden und Regelungstechniken angewiesen. Dem Oldenburger Team von ForWind ist es nun gelungen, eine bildgebende Messmethode für turbulente Strömungen anzupassen und im großen Oldenburger Windkanal an einer rotierenden Modellwindturbine anzuwenden.

Hier können die Forschenden eine Modellwindturbine turbulenten Strömungen aussetzen, die sie mit Hilfe eines aktiven Gitters erzeugen. Ein Laser macht winzige, der Luft zugesetzte Partikel sichtbar und High-Speed-Kameras erfassen die Bewegungen der Partikelströme. Bei dieser Methode, der sogenannten Particle-Image-Velocimetry (PIV), werden die vorbeiströmenden Partikel eines ganzen Strömungsfeldes fotografiert. Aus der Änderung ihrer Positionen von einem Foto zum nächsten lassen sich Strömungsrichtung und -geschwindigkeit über spezielle

Auswertungsprogramme berechnen. Die Kameras machen dabei bis zu 12.000 Bilder pro Sekunde.

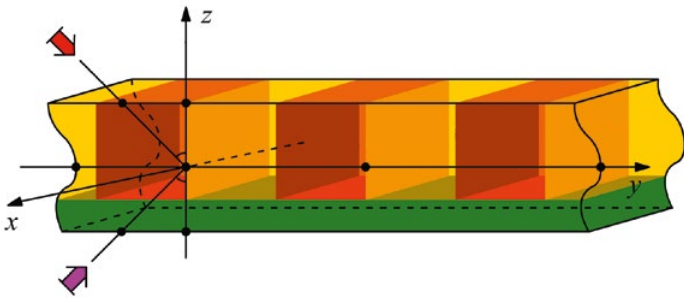
Die Ergebnisse zeigen, wie der Wind das sich bewegende Rotorblatt umströmt. Besonders interessiert die Forschenden, wann und wie die Strömung vom rotierenden Blatt abreißt und welche Windsituationen zu den größten Schlägen und dynamischen Lasten auf die Komponenten der Windenergieanlage führen. Im Windkanal sind die Messungen unter kontrollierten Bedingungen reproduzierbar. So kann das Team beispielsweise mehrere Versuche mit dem gleichen turbulenten Windfeld durchführen. Da sie mit der PIV-Methode nur in einem dünnen Lichtschnitt messen können, arbeiten die Forschenden bereits an einer Weiterentwicklung. Dabei wollen sie mittels Holografie dreidimensionale Strömungsfelder messen.

**Universität Oldenburg**  
**ForWind – Zentrum für Windenergieforschung**

Dr. Gerd Gülker  
gerd.guelker@uni-oldenburg.de  
[www.uol.de/twist/forschung/messtechnik/stereo-piv/](http://www.uol.de/twist/forschung/messtechnik/stereo-piv/)



Im Oldenburger Windkanal erzeugt ein aktives Gitter (rechts im Hintergrund) Luftturbulenzen. Die Auswirkungen auf die Modellwindturbine machen ein Laser und eine High-Speed-Kamera anhand von Partikeln im Luftstrom sichtbar.



Simulation der Lichtbrechung an einem geschichteten Material

## Multifunktionale optische Materialien

### Von der Computersimulation zur Praxis

Die optischen Eigenschaften von Materialien, wie durchsichtig, filternd, polarisierend oder reflektierend, können bei der Kombination zu geschichteten Materialien sehr vielfältig variiert werden. Wie sich multifunktionale Eigenschaften von geschichteten Materialien charakterisieren und steuern lassen, wird am Institut für Mathematik der Technischen Universität Clausthal mittels numerischer Simulation untersucht.

Potenzielle Anwendungen bestehen zum Beispiel in der Messtechnik. Die Simulationen können bei der Erzeugung rauscharmer und stabiler Frequenzquellen durch Vervielfacher oder bei der Entwicklung von Frequenz-Extendern für Messgeräte helfen. Auch selbststönende (phototrope) Linsen und optoelektronische Bauelemente lassen sich dadurch optimieren. Ferner lassen sich Transparenz- und Absorptionseigenschaften des Materials beobachten und kontrollierbar für emissionsreduzierende Oberflächenbeschichtungen nutzen.

Zudem untersuchen die Mathematikerinnen und Mathematiker, wie sich verschiedene funktionale Materialeigenschaften allein durch optische/elektromagnetische Ansteuerung erreichen lassen, ohne diese mechanisch oder chemisch beeinflussen zu müssen. Hierzu zählt etwa die Möglichkeit, ein »künstliches« Beugungsgitter mittels gezielter Erregung eines im Grundzustand homogenen oder schichtweise homogenen Materials zu erzeugen.

Die Abteilung ist an einer Zusammenarbeit mit Anwendern der Bauelemente- oder Geräteentwicklung interessiert sowie mit Forschenden, die Proben herstellen und Referenzexperimente durchführen können.

**Technische Universität Clausthal**  
**Institut für Mathematik**  
**Abteilung Numerische Analysis**  
 Prof. Dr. Lutz Angermann  
 lutz.angermann@tu-clausthal.de  
 www.mathematik.tu-clausthal.de

## Optik für alle

Mit LEGO® und Co.  
 die Photonik erforschen

Wie kann der Zugang zu Hightech-Themen leicht, anschaulich und kostengünstig gestaltet werden? Durch Selbermachen, ist der Experimentalphysiker Prof. Mirco Imlau von der Universität Osnabrück überzeugt. Sein Team widmet sich mit dem Do-it-yourself-Labor der Nachwuchsförderung im Bereich der Optik, Photonik und gemeinsam mit der Fachhochschule Südwestfalen der Digitalisierung. Das Projekt myphotonics wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

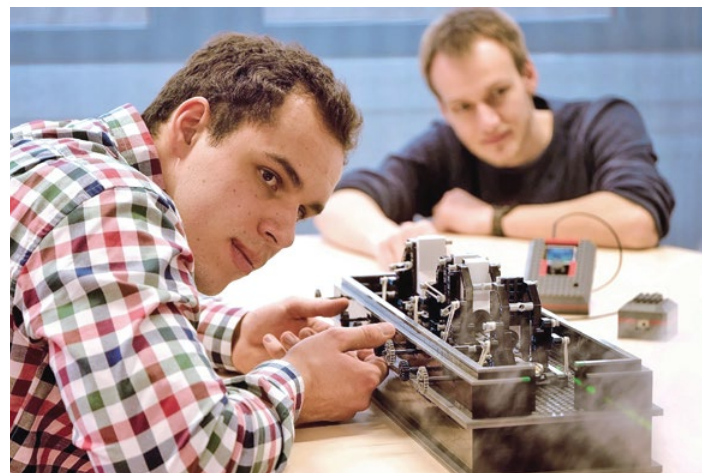
Das myphotonics-Team hat innovative optomechanische Komponenten aus LEGO® entwickelt und kombiniert diese mit weiteren typischen Makerplattformen wie 3D-Druck, Arduino und Lasercutter. Damit kann der Forschungsnachwuchs kostengünstig und spielerisch Experimente zur Interferometrie und Holografie, zur Messung der Laserleistung und zu vielen weiteren optischen Phänomenen durchführen. Das Projekt arbeitet dabei eng mit Schulen zusammen, bietet Projektstage an oder bringt entsprechende Experimente in den Unterricht.

Darüber hinaus ermöglicht es beispielsweise der weltweit erste diodengepumpte, intra-cavity, frequenzverdoppelte Nd:YAG-Festkörperlaser aus Lego®-Bausteinen, Fachkenntnisse über schulisches Wissen hinaus zu vertiefen. Damit sind die Entwicklungen auch für die Forschung und Lehre an Hochschulen attraktiv.

Aufbau- und Justageanleitungen, Bauteilelisten und Fachinformationen stellen die Forschenden in der Buchreihe »1.000 Laser-Hacks für Maker« anschaulich dar. Das erste Buch »Interferometer zum Selbermachen« dieser Reihe (ISBN 9783946 496090) ist im Februar 2019 erschienen.

**Universität Osnabrück**  
**AG Ultrakurzzeitphysik**

Prof. Dr. Mirco Imlau  
 info@myphotonics.eu  
 www.myphotonics.eu



Optik aus LEGO®-Bausteinen: Ein Student justiert den Nd:YAG-Festkörperlaser.



Das stählerne Spritzgusswerkzeug wurde mit direkter Laserbeschriftung diffraktiv markiert. Das Hologramm wird auf die gegossenen Bauteile übertragen.



Die Hologramme auf den abgeformten Kunststoffteilen erschweren nicht nur Fälschungen, sondern ermöglichen auch attraktives Design.

## Lasergeschriebenes Hologramm schützt vor Produktpiraterie

Um Original-Produkte gegen Fälschungen zu schützen, hat das Laser-Laboratorium Göttingen gemeinsam mit Industriepartnern ein neuartiges Verfahren entwickelt. Diffraktiv markierte Werkzeuge prägen schillernde, schwer nachzuahmende Hologramme in Spritzgussteile aus Kunststoff ein. Die Laserbearbeitung der Spritzgusswerkzeuge basiert auf einem speziellen, patentierten Interferenzverfahren.

**P**roduktpiraterie verursacht jedes Jahr weltweit Schäden in Höhe von vielen Milliarden Euro. Auch bei billigen, überwiegend per Spritzguss in großen Mengen hergestellten Kunststoffbauteilen gewinnt der Produktschutz zunehmend an Bedeutung. Eine holografische Markierung, die im Licht je nach Blickwinkel in unterschiedlichen Farben schillert, bietet Sicherheit, muss hier aber besonders kostengünstig und schnell erfolgen. Holografische Aufkleber, etwa bei Verpackungen eingesetzt, sind wenig geeignet: Das Aufkleben erfordert einen zusätzlichen Fertigungsschritt und ist kostenintensiv, das Merkmal lässt sich zudem vom Werkstück wieder ablösen.

»Wird dagegen schon das Spritzgusswerkzeug mit holografischen Strukturen versehen«, beschreibt Projektleiter Jan-Hendrik Klein-Wiele vom Laser-Laboratorium Göttingen die innovative Idee, »werden diese beim Abformprozess direkt und dauerhaft in die Oberfläche des Kunststoffteils übertragen.« Hierzu hat das Forschungsteam ein patentiertes Verfahren für die kommerzielle Nutzung weiterentwickelt. »Mit einem speziellen Interferenzverfahren, Ultrakurzpuls-lasern und herkömmlichen Laserscannern ist es uns gelungen, die Bearbeitung metallischer Werkzeuge zu ermöglichen«, betont der Physiker. Die Strukturierung der Metalle erfolgt mit hoher Modulationstiefe, schnell, direkt und für jedes Werkstück individualisierbar.

Bei der Übertragung der Nanostrukturen vom Werkzeug auf das Kunststoffbauteil ist zu berücksichtigen, dass die Effizienz teilweise unterhalb von 50 Prozent liegt. Hinzu kommt noch die Abnutzung des Werkzeugs. »Die Haltbarkeit der Spritzgusswerkzeuge muss mindestens eine Millionen Abformungen zulassen, damit sich der Einsatz der Technologie wirtschaftlich lohnt«, erläutert Klein-Wiele. Um einen optimalen visuellen Effekt der markierten Bauteile zu erreichen, müssen die diffraktiven Strukturen des Werkzeugs eine Modulationstiefe von bis zu einem Mikrometer aufweisen. »Damit ist das neue Verfahren den bisher verfügbaren Methoden deutlich überlegen«, erklärt er. Zudem reduziert sich die Bearbeitungszeit drastisch, da aufgrund der besonderen Art der Interferenztechnologie das Werkstück nicht bewegt werden muss.

Das Verfahren eignet sich auch für die fälschungssichere, schnelle und flexible Markierung von Metallteilen in anderen Industriebereichen. Die Technologie besitzt bereits Marktreife und wird vom Schweizer Sicherheitsspezialisten U-NICA angeboten.

### Laser-Laboratorium Göttingen e.V.

Dipl.-Phys. Jan-Hendrik Klein-Wiele  
Dr. Peter Simon  
Telefon 0551 5035-0  
jhkw@llg-ev.de  
www.llg-ev.de



# Ultrakurzpulslaser — hochpräzise und extrem schnell

Laser, welche ultrakurze und intensive Pulse aussenden, werden heutzutage bereits in vielfältigen Bereichen eingesetzt. Und noch immer gibt es physikalische Phänomene, denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nachspüren. So erschließt das Institut für Laser und Optik der Hochschule Emden/Leer neue Technologien und Anwendungsgebiete für ultrakurze Laserpulse.

**U**ltrasonnelle Prozesse, wie sie bei der Wechselwirkung mit Materie auftreten, bilden einen Schwerpunkt der Arbeitsgruppe »Intensive Laserpulse« der Hochschule in Emden. Im Fokus steht dabei die Erzeugung und Anwendung von ultrakurzen und intensiven Laserpulsen. Das gepulste Laserlicht hat eine Dauer im Bereich von Pikosekunden bis zu wenigen Femtosekunden. Die Einsatzmöglichkeiten von Ultrakurzpulslasern in der Materialbearbeitung sind sehr umfangreich. Anwendung finden sie beispielsweise bei der Mikrostrukturierung von funktionalen Oberflächen oder beim Schreiben von Lichtwellenleitern für sensorische Aufgaben. Diese Laser bieten sehr große Vorteile, vor allem in Hinsicht auf die Strukturqualität und die Reproduzierbarkeit.

Die Arbeitsgruppe hat eine Mikrobearbeitungsanlage mit einer nanometergenauen Positioniergenauigkeit entwickelt, die es erlaubt, sowohl zwei- als auch dreidimensionale Strukturen mit Strukturgrößen bis deutlich unterhalb eines Mikrometers herzustellen. Die Anlage bietet viele Freiheitsgrade zur Manipulation der Pulseigenschaften sowie steuerungstechnische Funktionen, um die unterschiedlichsten Applikationen umzusetzen und zu automatisieren. Das Besondere ist, dass sich durch zusätzliche spezielle optische Systeme die

Pulseigenschaften wie etwa Pulsdauer (Pulskompression/Streckung), Wellenlänge (Frequenzverdopplung, Optical Parametric Chirped Pulse Amplification), Polarisation und Strahlprofil (Spatial Light Modulator) nahezu beliebig und gezielt an die Anwendung anpassen lassen.

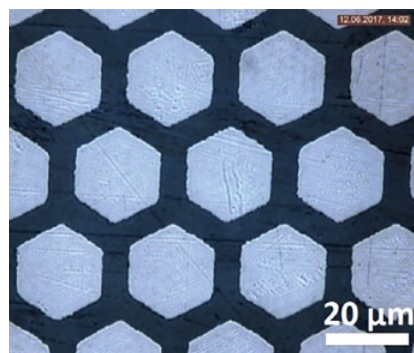
Eine hochpräzise Scaneinheit beschleunigt die Prozessdauer. Weiterhin können auch andere Laserquellen wie Nd:YAG, Excimer, He:Ne und diverse Diodenlaser für die Materialbearbeitung oder optische Messverfahren mit der Mikrobearbeitungsanlage genutzt werden. Für die Qualitätssicherung stehen Diagnostiken wie Licht-, Rasterelektronen- oder Rasterkraftmikroskop für nahezu alle Strukturgeometrien und Materialien zur Verfügung. Die Arbeiten sind vorwiegend experimentell. Das Institut kooperiert hierbei mit der Universität Oldenburg, dem DLR-Institut für Vernetzte Energiesysteme, dem Rutherfordlabor in England und mit dem Forschungszentrum DESY.

## Hochschule Emden/Leer Institut für Laser und Optik (ILO)

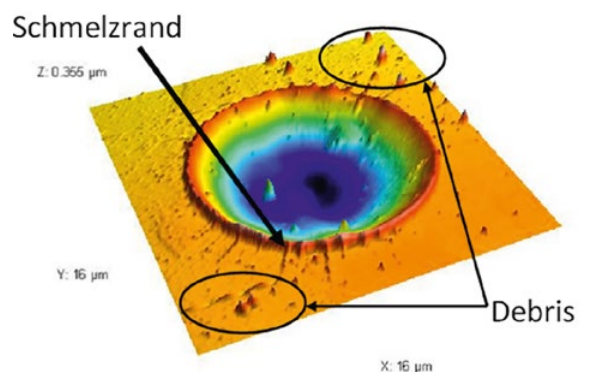
Prof. Dr. habil. Ulrich Teubner  
Telefon 04921 807-1527  
ulrich.teubner@hs-emden-leer.de  
ilp.hs-emden-leer.de



Ein mit ultrakurzen Laserpulsen beschriftetes Haar

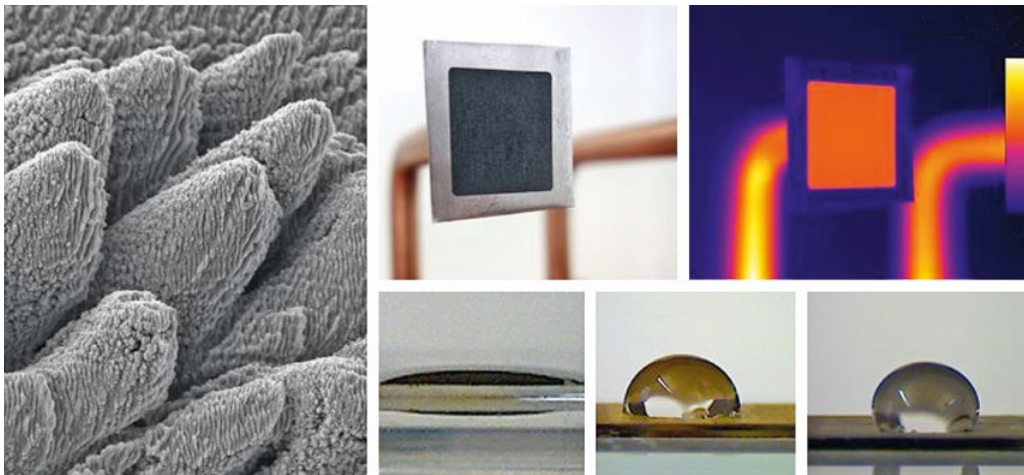


Dünnschichtablation in Form von periodisch angeordneten Wabenmustern; dies ist eine Anwendung für transparent leitende Elektroden für Dünnschichtsolarzellen.



Mit der Mikrobearbeitungsanlage hergestellte Struktur auf einem Glassubstrat; diese hat einen Durchmesser von 13 µm und eine Tiefe von 350 nm.





Mittels Ultrakurzpulslaser entstehen kegelförmige Spitzen auf einer Oberfläche, die gezielt deren Eigenschaften ändern (Aufnahme aus dem Rasterelektronenmikroskop, links).

Die schwarze Fläche einer beheizten Aluminiumfolie ist laserbearbeitet und strahlt die Wärme besser ab (Echtbild- und Thermografieaufnahme, rechts oben).

Mit ultrakurzen Laserpulsen lässt sich die Benetzbarkeit einer Ebene von wasseranziehend bis -abweisend gezielt einstellen (Echtbildaufnahmen, drei Bilder unten rechts).

# Mit dem Laser zur gewünschten Oberfläche

## Effizientere Nutzung erneuerbarer Energien

Oberflächenstrukturierungen ermöglichen verschiedenste funktionalisierte Produkte, beispielsweise selbstreinigende Gehäuseflächen. Ultrakurzpulslaser können neuartige Eigenschaften von Oberflächen erzeugen. Die Vielzahl an geeigneten Materialien und die Möglichkeit, gezielt spezielle Eigenschaften einzustellen, eröffnen eine Fülle innovativer Anwendungen. Das Forschungszentrum Energiespeichertechnologien der Technischen Universität Clausthal erforscht und entwickelt in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Heinrich Hertz Institut in Goslar zurzeit auf dieser Basis Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. Insbesondere funktionalisierte Elektrokatalysatoren für die Wasserelektrolyse stehen im Fokus.

Die Forscherinnen und Forscher verwenden einen Laser, dessen Pulslänge im Femtosekundenbereich ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ) liegt. Der kurze Energieeintrag trennt dabei Material ohne Wärmeeinfluss ab. Abhängig von der Laserintensität und der Einwirkdauer werden die Eindringtiefe und die Oberflächenstruktur eingestellt. Die dabei entstehenden nadel-förmigen Strukturen lassen sich variabel ausrichten. Gleichzeitig kann das Forschungsteam die chemische Zusammensetzung der Oberfläche direkt während des Laserprozesses ändern, zum Beispiel durch chemische Elemente des umgebenden Gases oder eine Dünnschicht auf dem Substrat. Dies verändert die Materialeigenschaften örtlich begrenzt.

Neben vergrößerten Oberflächen werden Benetzbarkeit, Wärmetransport, Reflexion und chemische Zusammensetzung gezielt beeinflusst. So kann das Team metallisierte Dünnschichtsysteme zur Funktionalisierung von Oberflächen bearbeiten. Diese Technik ist bei Metallen wie Stahl, Aluminium, Kupfer, Nickel sowie bei Halbleitern oder

Kunststoffen wie Plexiglas (PMMA) realisierbar. Im Falle von Katalysatoren nutzt das Team diese Methode, um günstige Trägermaterialien wie Nickel durch sparsames Einbringen teurerer, aber besserer Katalysatoren effizienter und wirtschaftlicher zu machen.

Das Forschungsteam stellt bereits Oberflächen im Technikumsmaßstab her. Weitere Anwendungsfelder, wie effizientere Wärmeübertragung, Optimierung der Lichtabsorption von Oberflächen, hochaktive Katalysatoren und die Erzeugung hydrophober Oberflächen, will es zukünftig erschließen.

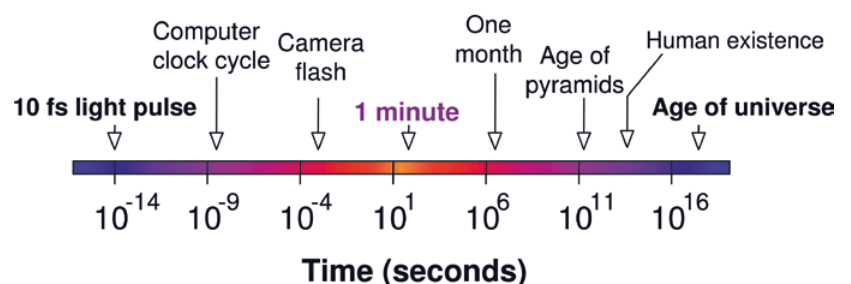
### Fraunhofer Heinrich Hertz Institut, Goslar

Prof. Dr. Wolfgang Schade  
wolfgang.schade@hhi.fraunhofer.de

### Technische Universität Clausthal Forschungszentrum Energiespeichertechnologien, Goslar

Dr. Thomas Gimpel  
thomas.gimpel@tu-clausthal.de

## Zeitskala



Zehn Femtosekunden (fs) verhalten sich zu einer Minute wie eine Minute zum Alter des Universums.



Handgeführter Laserschneidkopf zur schnellen Rettung verletzter Personen



Innovative Systemtechnik zur Laserbearbeitung von innenliegenden Flächen

## Laserbearbeitung ist Kopfsache

Individuelle Komplettlösungen für Prozesse und Systeme

**D**ie Industrie 4.0 benötigt integrierte, sich in bestehende Abläufe einfügende Prozesse – kundenspezifische, systemtechnische Lösungen sind gefragt. Die neuartigen Prozesse und Systeme zur Materialbearbeitung des Laser Zentrum Hannover (LZH) sind spezifisch an den Kundennutzen angepasst. Auf der Hannover Messe 2019 in Halle 2, Stand A08, werden fünf Laserbearbeitungsköpfe gezeigt. Außergewöhnliche Einsatzszenarien zeichnen sie alle aus:

- Preisgünstig und additiv gefertigt – der 3D-gedruckte Laserbearbeitungskopf aus Polymer wird für die sichere Entschärfung von Bomben eingesetzt. Mit dem mobilen Kopf lassen sich Fugen in die Hülle von Blindgängern einbringen, um so in einem zweiten Schritt eine Deflagration zu ermöglichen. Dabei wird der Kopf voraussichtlich beschädigt.
- Robust und handlich ist der Kopf für das Projekt LaserRettung. Dieser handgeführte Kopf soll Einsatzkräften bei Verkehrsunfällen helfen, Fahrzeuge möglichst schnell und dabei sicher aufzutrennen, um so die Rettung zu beschleunigen.
- Dem Bedarf nach einem flexiblen System für die additive Fertigung mit Draht kamen die Ingenieurinnen und Ingenieure des LZH mit einem selbstentwickelten Koaxial-Kopf nach. Mit dem Kopf lassen sich Strukturen flexibel auf ebene und gewölbte Bauteile aufbringen.

- Ein weiteres Highlight ist ein vom LZH entworfener und gebauter Innenbearbeitungskopf. Mit diesem können Anwender innenliegende Flächen strukturieren, etwa für Motorblöcke.
- Ein dualer Scankopf ermöglicht die gleichzeitige Bearbeitung und Prozessregelung. Auch hochdynamische Laserbearbeitungsprozesse sollen damit zukünftig gesteuert werden, zum Beispiel zur Mikrostrukturierung oder zum CFK-Schweißen oder Schneiden.

Individuelle Lösungen stehen beim Laser Zentrum Hannover e.V. seit der Gründung 1986 im Fokus. Forschung, Entwicklung, Beratung, Aus- und Weiterbildung sowie Nachwuchsförderung in den Bereichen Photonik und Lasertechnologie sind die zentralen Aufgaben des LZH. Die Schwerpunkte liegen auf optischen Komponenten, Systemen und Produktionstechnologien sowie auf biomedizinischer Photonik.

### Laser Zentrum Hannover e.V. Kommunikation

Dipl.-Biol. Lena Bennefeld  
Telefon 0511 2788-419  
presse@lzh.de  
www.lzh.de

## Ihre Ansprechpartner bei den Technologietransferstellen der niedersächsischen Hochschulen

### Technische Universität Braunschweig

#### Technologietransferstelle

→ Jörg Saathoff  
Telefon 0531 391-4260, Fax 0531 391-4269  
tt@tu-braunschweig.de

### Hochschule für Bildende Künste Braunschweig

#### Technologietransfer

→ Prof. Erich Kruse  
Telefon 0531 391-9163, Fax 0531 391-9239  
e.kruse@hbk-bs.de

### Technische Universität Clausthal

#### Technologietransfer und Forschungsförderung

→ Mathias Liebing  
Telefon 05323 72-7754, Fax 05323 72-7759  
transfer@tu-clausthal.de

### Georg-August-Universität Göttingen

#### Wirtschaftskontakte und Wissenstransfer

→ Christina Qaim  
Telefon 0551 39-33955, Fax 0551 39-1833955  
christina.qaim@uni-goettingen.de

### Leibniz Universität Hannover

#### uni transfer

→ Christina Amrhein-Bläser  
Telefon 0511 762-5728, Fax 0511 762-5723  
christina.amrhein-blaeser@zuv.uni-hannover.de

### Medizinische Hochschule Hannover

#### Stabsstelle Forschungsförderung, Wissens- und Technologietransfer

→ Christiane Bock von Wülfingen  
Telefon 0511 532-7344, Fax 0511 532-18563  
bockvonwuefingen.christiane@mh-hannover.de

### Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

#### Technologietransfer

→ Dr. Jochen Schulz  
Telefon 0511 953-8953  
jochen.schulz@tiho-hannover.de

### Stiftung Universität Hildesheim

#### Forschungsmanagement und Forschungsförderung

→ Markus Weißhaupt  
Telefon 05121 883-90120  
markus.weisshaupt@uni-hildesheim.de

### Leuphana Universität Lüneburg

#### Wissenstransfer und Kooperationen

→ Andrea Japsen  
Telefon 04131 677-2971, Fax 04131 677-2981  
japsen@leuphana.de

### Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

#### Referat Forschung und Transfer

→ Manfred Baumgart  
Telefon 0441 798-2914, Fax 0441 798-3002  
manfred.baumgart@uni-oldenburg.de

### Universität Osnabrück /

#### Hochschule Osnabrück

#### Transfer- und Innovationsmanagement TIM der Hochschule und Universität Osnabrück

→ Dr. Christoph Gringmuth  
Telefon 0541 969-3073  
c.gringmuth@hs-osnabrueck.de

### Universität Vechta

#### Referat Forschungsentwicklung und Wissenstransfer

→ Dr. Daniel Ludwig  
Telefon 04441 15-642, Fax 04441 15-451  
daniel.ludwig@uni-vechta.de

### Ostfalia Hochschule für

#### angewandte Wissenschaften

#### Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel

#### Wissens- und Technologietransfer

→ Dr.-Ing. Martina Lange  
Telefon 05331 939-10210, Fax 05331 939-10212  
martina.lange@ostfalia.de

### Hochschule Emden/Leer

#### Wissens- und Technologietransfer

→ Matthias Schoof  
Telefon 04921 807-7777, Fax 04921 807-1386  
technologietransfer@hs-emden-leer.de

### Hochschule Hannover

#### Stabsstelle Forschung, Entwicklung und Transfer

→ Elisabeth Fangmann  
Telefon 0511 9296-1019, Fax 0511 9296-991019  
forschung@hs-hannover.de

### HAWK Hochschule für angewandte

#### Wissenschaft und Kunst

#### Hildesheim/Holzminde/Göttingen

#### Forschung und Transfer

→ Lars ten Bosch  
Telefon 05121 881-264  
lars.bosch@hawk.de

### Jade Hochschule Wilhelmshaven/

#### Oldenburg/Elsfleth

#### Wissens- und Technologietransfer

#### Studienort Wilhelmshaven

→ Prof. Dr.-Ing. Thomas Lekscha  
Telefon 04421 985-2211, Fax 04421 985-2315  
thomas.lekscha@jade-hs.de

#### Studienort Oldenburg

→ Christina Schumacher  
Telefon 0441 7708-3325, Fax 0441 7708-3198  
schumacher@jade-hs.de

#### Studienort Elsfleth

→ Dörthe Perbandt  
Telefon 04404 9288-4306, Fax 04404 9288-4141  
doerthe.perbandt@jade-hs.de



## Impressum

#### Herausgeber:

Arbeitskreis der Technologietransferstellen  
niedersächsischer Hochschulen

#### Redaktion:

Christina Amrhein-Bläser  
uni transfer, Leibniz Universität Hannover  
Brühlstraße 27, 30169 Hannover  
Telefon 0511 762-5728, Fax 0511 762-5723  
christina.amrhein-blaeser@zuv.uni-hannover.de

**Redaktionelle Mitarbeit:** Jasmin Jasmer,  
Andreas Menzelmann

**Gestaltung:** büro fuchsundhase, Hannover

Die Bildrechte liegen bei den genannten  
Instituten, außer Seite 11 unten rechts:  
LUH, Exzellenzcluster PhoenixD; Seite 16 oben:  
IQO/Klemp; Seite 16 unten: QUEST-LFS/D. Vogl;  
Seite 17: Christian Ospelkaus

Wir danken dem Niedersächsischen  
Ministerium für Wissenschaft und Kultur  
für die finanzielle Unterstützung.

Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier.

Die Online-Ausgaben der bisher  
veröffentlichten Technologie-Informationen  
niedersächsischer Hochschulen finden Sie  
unter [www.uni-hannover.de/unitransfer](http://www.uni-hannover.de/unitransfer).  
Dort können Sie das Magazin auch  
kostenfrei abonnieren.

#### Themen der vorigen vier Ausgaben:

- Gesundheit für Mensch, Tier  
und Pflanze, 1/2019
- Smarte Medizin, 3/2018
- Rohstoff – Werkstoff – Reststoff, 1+2/2018
- Nachhaltige Systeme, 4/2017



# Erweitern Sie Ihren Horizont!

Passende Kooperationspartner finden Sie mit dem  
Enterprise Europe Network Niedersachsen.

[www.een-niedersachsen.de](http://www.een-niedersachsen.de)