

Allianz

# PHOTONIK 4.0

Lichttechnische Lösungen für die Produktion der Zukunft

Weltweit konnte in den letzten 10 Jahren eine zunehmende Digitalisierung und Vernetzung von Prozessen beobachtet werden. Digitalisierung ist dabei kein Selbstzweck, sondern erst durch Digitalisierung und Vernetzung konnten erhebliche neue Werte geschaffen werden. Zuwächse in der weltweiten Wirtschaft gehen zum großen Teil auf das rasante Wachstum von Digitalisierung und Vernetzung zurück.

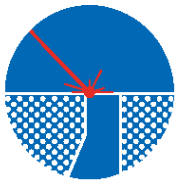
Mit dem Internet, das heute beinahe alle Haushalte vernetzt hat, steht eine leistungsfähige Infrastruktur bereit. Mobile Endgeräte ermöglichen den Zugang zur vernetzten Welt in nahezu allen Situationen und an allen Orten. Ohne optische Technologien, insbesondere den optischen Transfer von Daten über Lichtleitfasern rund um die Erde bis in einzelne Haushalte, wäre das moderne Internet nicht mehr vorstellbar.

Unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ hat sich die deutsche Industrie aufgemacht, das digital vernetzte Zeitalter auch in die Produktion und die Fabriken zu bringen. So werden eine völlig neuartige Produktion mit der vorgelagerten Produktentwicklung und den häufig nachgelagerten Servicebereichen intelligent und digital vernetzt. Dies hat dramatische Konsequenzen für die Abläufe in einer modernen Fabrik bis hin zu den Bedienern an den Maschinen, die sich völlig neuen Herausforderungen in der Arbeitswelt gegenübergestellt sehen.

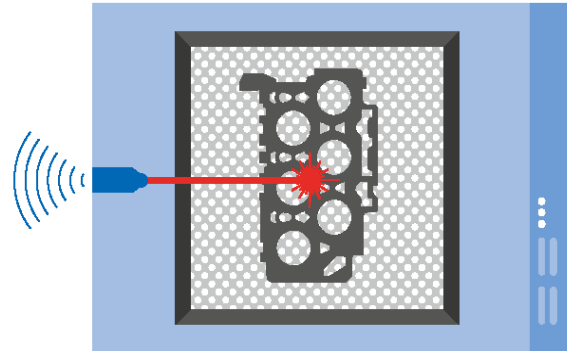
Optische bzw. photonische Technologien bieten aber neben der Nachrichtenübertragung via Lichtleitkabel eine Vielzahl von neuen Möglichkeiten durch die Digitalisierung und Vernetzung. In der hier beschriebenen Allianz Photonik 4.0 haben sich Unternehmen des Branchenverbandes Spectaris und Wissenschaftler der Wissenschaftlichen Gesellschaft Lasertechnik e.V. zusammengeschlossen, um die herausragenden Möglichkeiten der digital vernetzten Photonik zu erschließen und in diesem Feld die bestehende weltweite technologische Führerschaft auszubauen.

# PHOTONIK 4.0

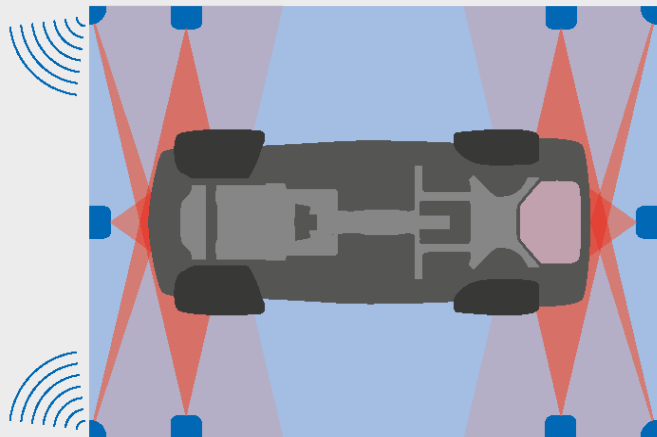
SCHLÜSSELELEMENTE DER DIGITALISIERTEN PRODUKTION DER ZUKUNFT



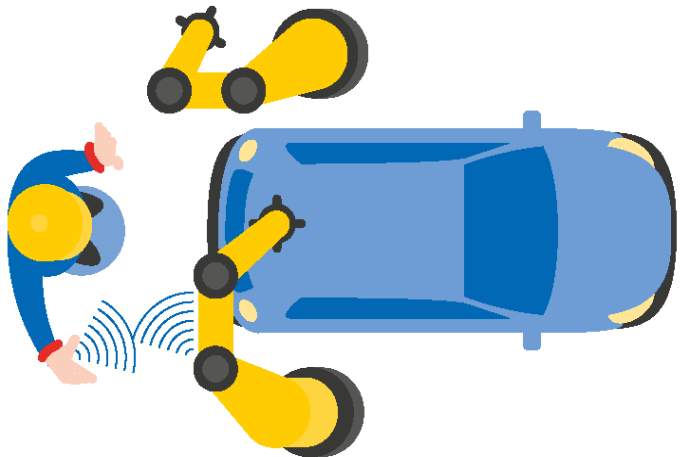
**GENERATIVE  
VERFAHREN**



**PHOTONISCHE  
SENSORIK**



**MENSCH-  
MASCHINE-  
INTERAKTION**



# Möglichkeiten und Herausforderungen durch Digitalisierung

Vernetzte Photonik bedarf einer leistungsstarken Infrastruktur sowohl in der Hardware als auch bei den Softwarelösungen. Zentrale Komponenten einer digitalisierten und vernetzten Photonik wie Cloud-Computing und Big-Data-Prozessierung sind weitgehend in den USA und mit Abstrichen in Fernost beheimatet. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass die Hersteller von Hardware-Systemen ihre Rechnersysteme und Endgeräte eng mit Cloud- und Big-Data-Lösungen verknüpft haben. Umgekehrt sind diese Lösungen notwendige Voraussetzungen



für erfolgreich vernetzte Cloud-Systeme. Hier besteht dringender Handlungsbedarf auf nationaler Ebene. Die Cloud-Initiative „Industrial Data Space“ mit großen deutschen Unternehmen im Hintergrund ist ein wichtiger Schritt in die Richtung einer vernetzten Industrie in Deutschland und wird von den Teilnehmern der Allianz Photonik 4.0 ausdrücklich begrüßt, um bestehenden Sorgen zum Datenschutz und Dateneigentum entgegenzuwirken. Hier geht es um so Wesentliches wie das Schlüsselwissen von Unternehmen. Gerade in der Photonik kann Deutschland als einer der weltweit führenden Lösungsanbieter auf eine Erfolgsgeschichte zurückblicken, die gerade an dieser Frage entschieden werden könnte. Unternehmen aus dem Silicon Valley zeigen, wie wichtig die Schnittstelle zum Endkunden ist. Mit ihren Softwareplattformen setzen sie sich häufig genau zwischen Hersteller und Endkunden und verfügen damit über den direkten Kundenzugang, während klassische Hersteller dieses Asset verlieren und zunehmend in den Preiswettbewerb mit anderen Herstellern gedrängt werden. Auch hier müssen in Deutschland Lösungen zur Rückgewinnung des Kundenkontakts und zur Vorwärtsintegration entwickelt werden.

Andererseits birgt Photonik 4.0 auch neue Geschäftsmodelle und Möglichkeiten neuer Wertschöpfung wie im Folgenden an den Bereichen Mensch-Maschine-Interaktion, Optische Sensorik und Generative Fertigungsverfahren aufgezeigt wird. Photonik 4.0 bzw. die Vernetzung von lichttechnischen Lösungen muss neue Denkweisen und neues Wissen in Unternehmen implementieren. Dazu gehören auch das integrale Denken entlang der Prozesskette und die Einbeziehung von Serviceaspekten in digitale Abläufe. Auch Möglichkeiten von Open Innovation müssen ausgelotet werden, schließlich ist der Laser das beste Beispiel für offene Innovationen. Nach seiner Erfindung im Jahr 1960 hat man zunächst nach Anwendungen suchen müssen, bevor eine einzigartige Erfolgsgeschichte begann.

In der Allianz Photonik 4.0 steht daher die Ausbildung des Fachpersonals in Digitaltechniken und Optik/Photonik an zentraler Stelle. Ebenso sollen zeitnah Demonstrationszentren und Applikationslabore aufgebaut werden, um die Möglichkeiten digital vernetzter Photonik in der Produktion real aufzuzeigen. Gerade in diesem Bereich entstehen außerhalb Deutschlands viele neue, innovative Kleinunternehmen aus Forschungseinrichtungen. Hier müssen sich die Randbedingungen - insbesondere auch die Finanzierungsmöglichkeiten - für deutsche Start-Ups in Photonik 4.0 verbessern.



## MENSCH- MASCHINE- INTERAKTION

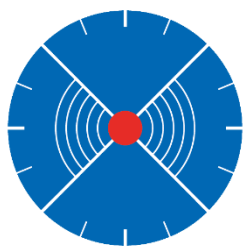
Mensch und Maschine werden in Zukunft einander besser verstehen: Gegenwärtige Mensch-Maschine-Interaktionen (MMIs) basieren wesentlich auf einer Bedienung der Maschine mit stetig verbesserten Eingabe- und Steuermöglichkeiten z.B. durch

grafische oder haptische Hilfsmittel. Graphical User Interfaces (GUIs) bieten immer höhere Auflösungen und erlauben an einigen Stellen intuitive Eingabeformen. Allerdings sind derartige Interaktionen in der Regel unidirektional, d.h. der Bediener bzw. Nutzer gibt der Maschine in einer Standardprozedur Befehle zur Ausführung. MMIs finden ihren Ursprung im Wesentlichen in der Automatisierungstechnik und der Maschinenbedienung. Schon jetzt lassen sich aber weitere Anwendungsbereiche in den Lebenswissenschaften (Kliniken, Ambient Assistant Living, alternde Bevölkerung) und in der Mobilität (Automobil, Flugzeug, etc.) beobachten.

Zukünftige Mensch-Maschine Schnittstellen sind lernfähige Systeme mit kognitiven Fähigkeiten. Sie nutzen in Zukunft einerseits verstärkt Methoden der neurowissenschaftlichen Forschung, andererseits bieten optische bzw. photonische Technologien heute bereits Ansätze von virtueller Realität (VR) und augmentierter Realität (AR). Bei letztgenannter Technologie vermengen sich virtuelle und reale Welt, was ganz neue Möglichkeiten der Interaktion liefert. Derartige Ansätze befinden sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium, die entsprechenden Hilfsmittel sind z.T. noch deutlich zu groß und störend in der Interaktion.

Auch die Kompetenzen der Bediener werden immer vielschichtiger. Eine intuitiv zu bedienende und mit dem Benutzer aktiv interagierende Steuerungsmöglichkeit erhöht die Akzeptanz komplexer Maschinen. Dies gilt insbesondere auch vor dem Hintergrund der alternden Bevölkerung in vielen westlichen Ländern, was zunehmende Hemmschwellen in der Bedienung komplexer Maschinen verursacht.

Weiter steigende Akzeptanz wird für dreidimensionale Interaktionsmöglichkeiten prognostiziert. Das Gros heutiger Interaktionssysteme basiert auf der Projektion der realen Maschinenumgebung auf eine zweidimensionale Bildschirmoberfläche. Sensorische Informationen, die z.T. auch multimodal (d.h. mit mehreren unterschiedlichen Messaufnehmern/Sensoren) gewonnen werden, können bereits heute komplette dreidimensionale Informationen und darüber hinaus weitere Zustandsinformationen über die zu bedienende Maschine liefern. Diese Sensordaten zu einem Gesamtzustand zu fusionieren und dem Nutzer als z.B. dreidimensionales Szenario zur Verfügung zu stellen, erleichtert z.B. die räumliche Bedienung in realen Umgebungen (z.B. Roboter in der Produktion, Automobil im Straßenverkehr, Flugzeug im Luftverkehr, etc.). Eine weitere Anforderung besteht in Zukunft darin, dass nicht nur ein Mensch mit einer Maschine interagiert, sondern ggf. mehrere Maschinen von einer Person bedient werden bzw. mehrere Personen eine komplexe Maschine bedienen. Verbindungen von Optik/Photonik mit leistungsfähigen Computeralgorithmen ermöglichen die Umsetzung derartiger Szenarien in Zukunft. Ziel einer Mensch-Maschine-Interaktion im Sinne von Photonik 4.0 ist die sehr viel stärkere Symbiose zwischen Mensch und Maschine.



## PHOTONISCHE SENSORIK

Sensorik ist ein wesentlicher Grundpfeiler sowohl von Industrie 4.0 als auch von Photonik 4.0. Ohne Messdaten und deren digitale Weiterverarbeitung wäre eine vernetzte Produktion kaum möglich. Optische Sensoren haben dabei in den zurückliegenden Jahren ihren

Marktanteil sukzessive steigern können. Die Anforderungen an die Messtechnik sind – je nach Anwendungsgebiet – vielschichtig. Messtechnik wird daher auch als Querschnittstechnologie angesehen und repräsentiert für viele andere Technologien eine grundlegende Basis. So reichen die Anforderungen an messtechnische Lösungen heute in der Fertigung von integrierten Schaltkreisen bis zu Strukturauflösungen von 10 Nanometern bei der Messung von 1,3 Milliarden Transistoren auf nur einem Chip.

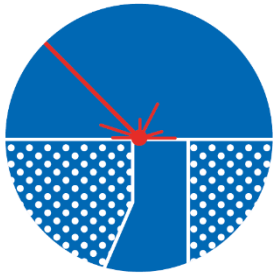
Häufig gehört dabei neben der reinen geometrischen Messtechnik auch die Funktionsprüfung zum messtechnischen Aufgabenumfang.

Generell geht es daher um immer höhere Messauflösungen, die Miniaturisierung von Messtechnik und die Einbindung in digitale Signalketten. Die bisher eher passiv betriebene Sensorik erlebt eine Transformation hin zu immer mehr Sensorintelligenz. Die großen Herausforderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Messung immer kleinerer Strukturen bei gleichzeitig großen Substratabmessungen
- Höchste Positioniergenauigkeiten der Messaufnehmer
- In-Situ Messtechnik während der Fertigung (z.B. Funktionalitäten von Oberflächen, Fertigung von Asphärenoptiken)
- Vermessung neuer Materialien (weiche Materie, transluzente Materialien, etc.)
- Erweiterung der messtechnischen Möglichkeiten z.B. durch neue Frequenzbereiche (Terahertz-Messtechnik)
- Digitale Messketten mit immer höheren Geschwindigkeiten
- Dateninterpretation im Zuge gigantischer Mengen an Messwerten (Big Data)

Ein weiterer großer Bedarf besteht in der Entwicklung integrierter Photonik in Deutschland. Dieses Gebiet ist nur durch sehr wenige deutsche Forschungsinstitute und Unternehmen repräsentiert, obwohl es für die fortschreitende Miniaturisierung von optischen Sensoren in Verbindung mit digitaler Elektronik essentiell ist. Das jüngst eingerichtete und mit umfänglichen Forschungsgeldern ausgestattete American Institute for Manufacturing beschäftigt sich hingegen intensiv mit integrierten photonischen Lösungen.

Innovationen in der Messtechnik werden im Sinne von Photonik 4.0 zunehmend von inkrementellen Lösungen über radikale Entwicklungen in Richtung disruptiver Innovationen getrieben. Geht man bei inkrementellen Verbesserungen über den hierarchischen Aufbau von Sensornetzwerken und die Einbindung in Bus- bzw. SPS-Systeme, werden radikale Veränderungen durch direkte Anbindung der Sensoren an die übergeordnete Ebene für deutlich höhere Flexibilität sorgen. Disruptive Ansätze basieren dann auf der zunehmenden Anwendung von Cloud-Technologien in der Sensorik.



## GENERATIVE VERFAHREN

Gegnerative bzw. additive Fertigungsverfahren, insbesondere auch die laserbasierten Prozesse wie das selektive Lasersintern oder -schmelzen und das direkte Auftragen von Pulvern mittels Laserstrahl, bilden ein Kernthema

von Photonik 4.0. Neben der Möglichkeit der direkten Einbindung dieser Verfahren in digitale Prozessketten ist ein weiteres charakteristisches Merkmal von Industrie 4.0 und auch Photonik 4.0 die stark zunehmende Flexibilität der Produkte bis hin zur Fertigung einer Stückzahl Eins. Die Komplexität in der Bauteilgestaltung spielt bei diesen Verfahren nur eine untergeordnete Bedeutung und ist quasi „kostenfrei“.

Technologisch sind lasergestützte additive Fertigungsverfahren im Sinne der Einbindung in digitale Prozessketten in vielerlei Hinsicht interessant:

- Durch intelligente Eingriffe in die Maschinensteuerung bzw. -parameter ergibt sich die Möglichkeit der Einstellung der Gefügestruktur im Werkstoff über viele Größenbereiche von polykristallin bis einkristallin.
- Neue Entwicklungen beim selektiven Laserstrahlschmelzen nutzen die Simultanprozessierung mit kostengünstigen und effizienten Hochleistungsdiodenlasern. Diese Belichtungsmethode weist hohe Ähnlichkeit zum digital arbeitenden Papierkopierer auf, der heute in allen digitalen Netzwerken eingebettet werden kann.
- Analog zur Entwicklung digitaler Photokopiergeräte lassen sich Skalierungseffekte durch kostengünstige Steuerungskomponenten realisieren, die Maschinen für selektives Laserschmelzen bereits in Kürze auf unter 20.000 EUR Beschaffungskosten drücken können.
- Allerdings: Die Einbindung in klassische Produktionsabläufe erfährt noch vielerlei Hemmnisse. Heute genutzte Datenschnittstellen sind für additive Verfahren nur sehr eingeschränkt nutzbar. Auch sind die stückzahlbezogenen Kosten in der Serienfertigung noch zu hoch.

Da additive Fertigungsverfahren im Wesentlichen auf computergestützte Produktentwicklungen aufbauen, ist der Bedarf nach Softwarewerkzeugen in diesem Bereich sehr groß. Dabei stehen Fragen des Dateneigentums und des Datenschutzes sehr weit oben auf der Handlungsagenda.

# Deutschlands Stärke in der Photonik für Industrie 4.0 nutzen: Politische Handlungsempfehlungen

Deutschland ist bei der Entwicklung und Herstellung optischer Systemlösungen eines der aktuell weltweit führenden Länder. Durch die der Photonik eigenen Charakteristiken Schnelligkeit, höchste Datendichte, Präzision und Sauberkeit steht die Technologie im Fokus der digitalisierten Produktion von Morgen. Mit der Allianz Photonik 4.0 zeigen die Initiatoren SPECTARIS und WLT nicht nur die Potentiale der Photonik in der Produktion der Zukunft auf, sondern legen auch konkrete Vorschläge für das politische Handeln vor. Ziel ist es, die Photonik an der Schnittstelle zu Industrie 4.0 voranzutreiben und die Führungsrolle Deutschland durch Kombination seiner Stärken in der Produktionstechnik und Photonik zielgerichtet voranzutreiben.

Entscheidende Handlungsfelder zur Förderung der Photonik 4.0 sind:

## **1. Etablierung eines Förderprogramms für KMUs**

Förderprojekte für KMUs können bei der Einführung neuartiger industrieller Prozesse wie dem Einsatz optischer Inline-Sensorik, generativer Verfahren und der barrierefreien Zusammenarbeit von Mitarbeiter mit Robotern unterstützen. Eine Einbindung der Photonik 4.0 in das Programm Bündnis »Zukunft der Industrie« wäre hilfreich.

Da sich das Themenfeld Photonik 4.0 in einem sehr dynamischen globalen Wettbewerbsumfeld befindet, sind zeitnah umsetzbare Fördermaßnahmen essentiell.

## **2. Hubs zur Generativen Fertigung, Mensch-Maschine-Interaktion und Photonischer Messtechnik**

Aufbau von Hubs mit Schwerpunkt Photonik 4.0: Diese Hubs sollen zur Erprobung und Demonstration optischer Lösungen im digitalisierten, flexiblen Produktionsumgebungen dienen. Sie ermöglichen Entwicklern und Anwendern aus dem In- und Ausland, innovative Photonik-Lösungen im Produktionskontext zu studieren und die Vorzüge erlebbar zu machen.



### **3. KMUs der Photonik-Branche sichtbar machen**

Photonik-4.0-Atlas: Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) ist aufgefordert, regelmäßig eine Übersicht zur Forschung und Entwicklung photonischer Lösungen an der Schnittstelle zu Industrie 4.0 zu veröffentlichen. Diese Übersicht soll ein Referenzdokument für KMUs und ausländische Investoren sein.

### **4. Handelshemmnisse minimieren**

Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit gewährleisten zu können, ist es von entscheidender Bedeutung, dass generative Verfahren nicht grundsätzlich als ausfuhrpflichtige Technologie erfasst werden. Eine Ausfuhrbeschränkung bzw. die Erfassung als Dual-Use-Gut sollte weiterhin lediglich aufgrund der konkreten Leistungsparameter der verwendeten Laser und Sensoren erfolgen.

Dieser Ansatz muss in den internationalen Exportkontrollregimen vertreten werden. Darüber hinaus dürfen keine nationalen Beschränkungen verabschiedet werden.

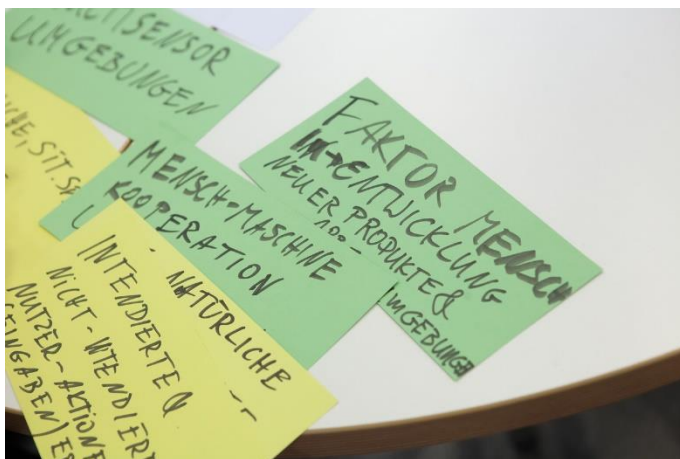
### **5. Aus- und Weiterbildung an die zunehmende Bedeutung der Photonik im Produktionsprozess anpassen**

Optische Sensoren, Kameras, Laser rücken zunehmend direkt in den Produktionsablauf. Auf die Nutzung vielfältiger, optischer Funktionen moderner Smartphones und Tablets kann in den MINT-Fächern sehr gut aufgebaut werden, um die essentielle Bedeutung der Photonik an der Schnittstelle zwischen prozessierten Bauteil und digitaler Datenkommunikation systematisch zu erarbeiten.

Durch die Photonik als Kernbestandteil einer digital vernetzten Produktion werden neue Anforderungen an die Berufsausbildung entstehen. Facharbeiter haben es zukünftig mit einer komplexeren Produktionsumgebung zu tun, in der neben traditionellen Fähigkeiten im Bereich Maschinen und Software auch eine souveräne Beherrschung optischer Sensoren und Aktoren gehören wird. Studiengänge von Maschinenbau bis Informatik müssen die Photonik stärker als wesentlichen Lösungsbaustein in das Curriculum integrieren.

Berlin, Mai 2017

# Bildimpressionen von der Allianz Photonik 4.0



## Verantwortlich für den Inhalt:

### Beirat des Forums Photonik 4.0

- Prof. Dr. Andreas Ostendorf, Ruhr-Universität Bochum
- Prof. Dr. Andreas Tünnermann, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik & Feinmechanik IOF, Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Dr. Wenko Süptitz, SPECTARIS

### Referenten

- Prof. Dr. Andreas Tünnermann, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik & Feinmechanik IOF, Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Frank Blöbaum, Sick AG
- Prof. Dr. Poprawe, Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
- Dr. Markus Rechlin, SLM Solutions Group AG
- Prof. Dr. Wolfgang Osten, Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart
- Mike Böttger, Jenoptik AG
- Prof. Dr. Martin Schell, Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik HHI

### Moderatoren der Workshops

- Dr. Kevin Füchsel, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik & Feinmechanik IOF
- Dr. Andreas Thoß, THOSS Media GmbH
- Dr. Markus Safaricz, Forschungsvereinigung F.O.M.

Der [Deutsche Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V. SPECTARIS](#) vertritt die Interessen von über 400 deutschen Mitgliedsunternehmen. Deren Produkte aus den Bereichen Consumer Optics, Photonik, Analysen-, Bio- und Labortechnik oder Medizintechnik sind in nahezu allen Bereichen des Lebens zu Hause. Als Schlüsseltechnologien finden sie in den meisten Wirtschaftszweigen Anwendung und machen die Branchen damit zu einem wichtigen Motor des deutschen Wirtschaftslebens.

Durch politische Aktivitäten, Öffentlichkeitsarbeit und Branchenmarketing gibt der Verband seinen Mitgliedsfirmen eine Stimme, formuliert neue Aufgaben und erschließt neue Märkte. Damit wird die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie in diesen Bereichen und somit Standorte und Arbeitsplätze gesichert. Spectaris fördert die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt eine enge Vernetzung der vertretenden Hightech-Technologien mit der Digitalwirtschaft ein.

Die [Wissenschaftliche Gesellschaft Lasertechnik e.V. \(WLT\)](#) wurde 1997 gegründet und hat derzeit 40 Mitglieder. Die Mitglieder der WLT sind Leiter von großen wissenschaftlichen Einrichtungen, die sich vorwiegend mit der Erzeugung, Verstärkung, Formung, Übertragung, Messung und Anwendung von Laserstrahlung beschäftigen. Dabei handelt es sich sowohl um Universitätseinrichtungen als auch Institute der Fraunhofer-Gesellschaft, der Max-Planck-Gesellschaft, der Leibniz-Gemeinschaft, der Helmholtz-Gemeinschaft sowie um weitere außeruniversitäre Einrichtungen. Die Arbeit der WLT konzentriert sich auf die Identifikation und aktive Beförderung strategischer Ziele, um die Laserstrahlung als universell einsetzbares "Werkzeug" wissenschaftlich weiterzuentwickeln und für neue interdisziplinäre Einsatzfelder in den optischen Technologien nutzbar zu machen.

#### [SPECTARIS](#)

Deutscher Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V.

Werderscher Markt 15

10117 Berlin

T 030 414021-0

F 030 414021-33

[www.spectaris.de](http://www.spectaris.de)

#### [Wissenschaftliche Gesellschaft Lasertechnik e.V.](#)

c/o Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt

Lehrstuhl für Photonische Technologien

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Konrad-Zuse-Str. 3/5

91052 Erlangen

T 09131 8523256

T 09131 8523234

[www.wlt.de](http://www.wlt.de)