Informationen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Technik

Aktuelle Branchendaten

Die SPECTARIS-Branchen erzielten im Jahr 2018 einen Gesamtumsatz von über 71 Milliarden Euro und beschäftigten 315.700 Menschen in 2.507 Betrieben mit mehr als 20 Beschäftigten.

Die optische, medizinische und mechatronische Industrie (inkl. Mess-, Regel- und Prüftechnik) erreichte in 2018 einen Gesamtumsatz von 71 Milliarden Euro. Das entspricht einem Plus von 3,8 % im Vergleich zum Vorjahr. Deutlich Zuwächse konnten im internationalen Geschäft realisiert werden. Der Inlandsumsatz lag bei 25,78 Milliarden Euro, der Auslandsumsatz betrug 45,52 Milliarden Euro. Die Exportquote lag damit bei 64 %. Die Anzahl der Mitarbeiter in den 2.507 Produktionsbetrieben (mit jeweils mindestens 20 Mitarbeitern) stieg auf 315.700 Beschäftigte (+3,6 %).

Eckdaten der Industrie für optische, medizinische und mechatronische Technologien

Optik, Analysen-/Labortechnik, Messtechnik, Medizintechnik	2015	2016	2017	2018	Abw. 2018/17	Umsatztrend 2019
Gesamtumsatz (Mrd. €)	60,39	63,83	68,96	71,56	+3,8 %	ca. +4–5 %
Inlandsumsatz (Mrd. €)	23,01	24,27	25,44	25,78	+1,3 %	
Auslandsumsatz (Mrd. €)	37,37	39,56	43,52	45,78	+5,2 %	
Exportquote (%)	61,9	62,0	63,1	64,0	+1,4 %	
Beschäftigte (Tsd.)	285,5	293,5	304,7	315,7	+3,6 %	
Betriebe (Anzahl)	2.332	2.407	2.471	2.507	+1,5 %	

2018: vorläufige Werte; Betriebe mit 20 Beschäftigten und mehr. Aufgrund von unterschiedlichen Quellen, Abgrenzungen und Überschneidungen weicht die rechnerische Summe der einzelnen Branchen vom Gesamtwert der Industrie ab. Umsatztrend = Erwartung zum Jahresbeginn; Quelle: SPECTARIS, Statistisches Bundesamt

Photonik	2011	2016	2017	2018	Abw. 2018/17	Umsatztrend 2019
Gesamtumsatz (Mrd. €)	26,7	31,0	34,8	37,1	+6,7 %	ca. +6–7 %
Inlandsumsatz (Mrd. €)	9,1	9,3	9,9	10,4	+5,6 %	
Auslandsumsatz (Mrd. €)	17,6	21,7	24,9	26,7	+7,1 %	
Exportquote (%)	66,0	70,0	71,5	71,8	+0,5 %	
Beschäftigte (Tsd.)	118,5	124,0	130,9	138,0	+5,4 %	
Betriebe (Anzahl)		ca. 1.000				

2018: vorläufige Werte; Daten enthalten Rundungsdifferenzen
Quelle: Optech Consulting (2011, 2016), SPECTARIS-Hochrechnung (2017 ff.)

Der SPECTARIS-Fachverband Photonik hat erstmals den „Trendreport Photonik – Märkte, Entwicklungen, Potenziale 2019/2020“ veröffentlicht, um über aktuelle Themen der Branche zu informieren.

Der Trendreport gibt einen interessanten Einblick über die Rolle der Photonik in den Bereichen Digitalisierung, Quantentechnologien, Nachhaltigkeit und Industrie 4.0, zeigt die dynamische wirtschaftliche Entwicklung der Photonik-Branche auf und stellt die SPECTARIS-Mitgliedsunternehmen in der Photonik vor.

Der Trendreport ist kostenfrei als Download verfügbar.

Quelle: Spectaris – Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.v.

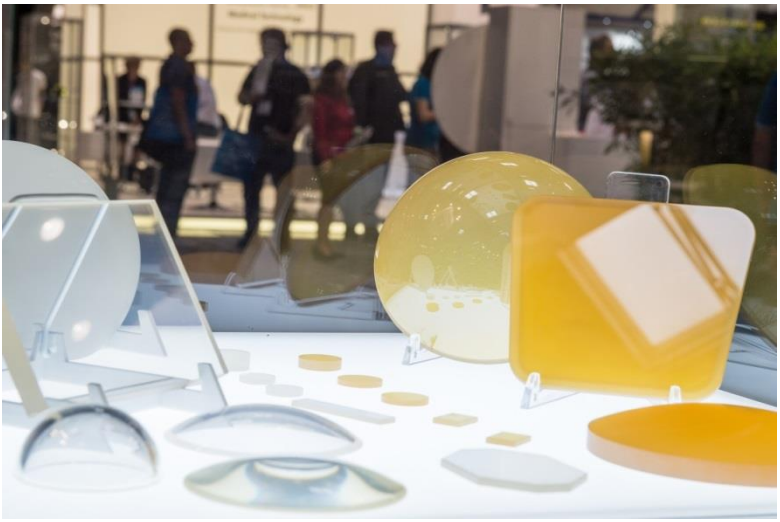
LASER World of PHOTONICS: Schlüsseltechnologie begeistert mit Spitzenwerten

▪ Neue Bestmarken bei Ausstellern, Besuchern und World of Photonics Congress
▪ Erfolgreiche Premiere für Innovation Award
▪ Nobelpreisträger Gérard Mourou begeisterte

Von 24. bis 27. Juni fand die LASER World of PHOTONICS 2019, Weltleitmesse der Photonik, in München statt. Top-Themen wie die Elektromobilität und Nachhaltigkeit standen ebenso im Messefokus wie neue Methoden in der Medizin, die durch moderne Biophotonik ermöglicht werden. Der parallel stattfindende World of Photonics Congress war einmal mehr Treffpunkt für die internationale Wissenschaftselite – mit Vorträgen von Nobelpreisträger Gérard Mourou, Gravitationsphysiker Carsten Danzmann, Quantenphysiker Anton Zeilinger und weiteren führenden Köpfen.

Dr. Reinhard Pfeiffer, Stellvertretender Vorsitzender der Geschäftsführung bei der Messe München fasst zusammen: „Es war eine beeindruckende LASER World of PHOTONICS. 1.325 Aussteller (2017: 1.293), ein neuer Rekord, aus 40 Ländern zeigten die Vielfalt und die Bedeutung der Photonik – von der Automobilbranche über die Biophotonik bis hin zu den Möglichkeiten, die Laser für die globale Nachhaltigkeit und den Klimaschutz bieten.“

Katja Stolle, Projektleiterin der LASER World of PHOTONICS, ergänzt: „Auch bei den Besuchern konnten wir eine neue Bestmarke erreichen: Rund 34.000 Besucher (2017: 32.700) kamen zur Messe – 60 Prozent davon aus dem Ausland. Insbesondere die Besucherzahlen aus den USA und Asien sind gestiegen.“



Auch Dr. Wilhelm Kaenders, Fachbeiratsvorsitzender und Mitglied des Vorstands (CTO) von TOPTICA, misst der Veranstaltung eine große Bedeutung bei: „Die LASER World of PHOTONICS, mit Ausstellung und Kongress, ist ein unverzichtbarer Bestandteil einer global aufgestellten Schlüsselindustrie. Hier sind neueste Trends und Innovationen der Lasertechnologie zu erleben, die täglich helfen unser Leben zum Besseren zu verändern.“

Besucher konnten auf der LASER World of PHOTONICS alle Innovationen und Trends der Branche live erleben: Die neuesten Laser und Lasersysteme für die Fertigung im Ausstellungsbereich wurden durch Live-Demos mit blauem Licht im Rahmen der Sonderschau Photons in Production ergänzt. Für ganz individuelle Fragestellungen konnten die Besucher an den expertengeführten Guided Tours teilnehmen. Die Application Panels, praxisorientierte Vortragsreihen im Rahmen des World of Photonics Congress, gaben tiefe Einblicke in Themen wie Biophotonik sowie Imaging und Sensorik – die konkreten Produkte und Lösungen konnten Besucher in den jeweiligen Ausstellungsbereichen sehen.

Von der QR-Code-Rallye über den Makeathon, den Start-Up Gemeinschaftsstand bis hin zum European Photonics Venture Forum

(EPVF) – für den Photonik-Nachwuchs und Gründer bot die LASER World of PHOTONICS zahlreiche Programmpunkte. Für k-lense, die sowohl Aussteller am Start-Up-Gemeinschaftsstand als auch Teilnehmer am EPVF waren, ist die Messe der ideale Ort um ihren aktuellen Prototypen einem breiten Publikum vorzustellen, wie Geschäftsführer Matthias Schmitz erklärt: „Die Kombination von Messe und Kongress bietet einen intensiven Austausch zwischen Wissenschaftlern und Praktikern – das entspricht genau dem, wo wir in der Produktentwicklung gerade stehen und davon profitieren wir als Gründer natürlich. Mit dem EPVF schlägt die Messe eine Brücke zum Top-Thema von Start-Ups, nämlich der Finanzierung. Kurz: Die Veranstaltung bietet alles, was wir als Gründer brauchen."

Beim European Photonics Venture Forum ging es zwei Tage lang um Wissenstransfer und Kapitalgenerierung: Der Mittwoch stand im Zeichen von Coachings und Mentoring-Sessions, am Donnerstag ging es dann in die Praxis: Mit Live-Präsentationen und vielen Fragen der anwesenden Investoren zu den Start-Ups und ihren Produkten.

Ganze 30 Stunden tüftelten die rund 100 Teilnehmer des Make Light Makeathon an ihren Prototpyen, die sie dann vor dem Publikum präsentierten. Auch hier eines der Fokusthemen: Photonik und ihr Beitrag zum Klimaschutz und der globalen Nachhaltigkeit. So stellte ein Team beispielsweise eine Schiffskonstruktion vor, die Müll im Ozean aufsammelt, und diesen Dank Sensorik und Künstlicher Intelligenz von Fischen unterscheiden kann. Auch ein mit Solarpanelen betriebenes Fahrzeug speziell für den afrikanischen Markt war eines der vorgestellten Prototypen. Die zur Verfügung stehenden Laser, 3-D-Drucker und Sensoren bildeten die Grundlage der innovativen Ideen.

Erfolgreiche Premiere für Innovation Award

In fünf Kategorien wurde der erste Innovation Award auf der LASER World of PHOTONICS verliehen. Die Jury, Top-Experten aus Industrie- und Wissenschaft, wählte die innovativsten Produkte in fünf Kategorien aus, zusätzlich wurde ein Gesamtgewinner prämiert. Martin Hermatschweiler, Geschäftsführer des Gesamtgewinners Nanoscribe, zeigt sich begeistert vom Innovation

Award: „Nach einer sehr intensiven technischen Entwicklungsphase ist dies eine große Anerkennung für unser Team und für die hervorragende Leistung unseres neuen maskenlosen Lithografiesystems Quantum X. Wir freuen uns besonders, dass wir die hochkarätig besetzte Jury überzeugen konnten."

Auch die Gewinner der einzelnen Kategorien – Civan Advanced Technologies, Cylce, SWIR und TRUMPF – untermauerten mit Ihren Produkten, welche Innovationskraft die Photonik in ihren verschiedenen Teilbereichen besitzt. Die Award-Reihe der LASER World of PHOTONICS wurde durch den Start-Up Award komplettiert – dieser ging an die Münchner Gründer von APICBEAM mit ihrer Display-Technologie, die freischwebende, hologramm-ähnliche Bilder und Videos erzeugt. Sascha Grusche, Head of Research und Co-Founder, APICBEAM: „Wir haben uns sehr über den Besuch von Fachleuten am Stand gefreut, die uns Denkanstöße gegeben haben und für unsere Entwicklung wichtige Partner sind. Ebenso haben wir Gelegenheit gehabt, mit Herstellern von optischen Komponenten zu reden, die für Realisierung unseres APICBEAM Displays von zentraler Bedeutung sind. Unser ganz persönliches Messehighlight war natürlich der Gewinn des Start-Up Awards."

Beide Awards wurden gemeinsam mit dem britischen Verlag Europa Science verliehen.

Photonik-Wissenschaftselite zu Gast in München

Auf Europas größtem Kongress für Photonik gab es ein Stell-dich-ein der internationalen Wissenschaftselite: Physik-Nobelpreisträger Gérard Mourou, Quantenphysiker Anton Zeilinger, Herbert-Walther-Award-Gewinner Sir Peter Knight und Silicon-Photonics-Expertin Michal Lipson sind nur einige Beispiele für die Expertendichte des World of Photonics Congress.

Mit beeindruckenden 3.661 Vorträgen und Posterpräsentationen wartete der Kongress auf. Die Teilnehmer konnten sich auf den erstmals sieben Konferenzen und auf den anwendungsorientierten Application Panels von der Grundlagenforschung bis hin zur

angewandten Forschung über alle wissenschaftlichen Trendthemen der Photonik informieren und diskutieren.

Auch Professor Carsten Danzmann, Leiter des Instituts für Gravitationsphysik der Universität Hannover und Direktor des Albert-Einstein-Instituts, der die Eröffnungsrede des Kongress hielt, hob die hohe Relevanz der Veranstaltung hervor: „Der World of Photonics Congress bietet Austausch auf höchstem Niveau – innerhalb von fünf Tagen werden die aus wissenschaftlicher Sicht aktuellsten Themen der Photonik erörtert. Zudem wird der Frage nachgegangen, welche Technologien relevant werden und welche Vorteile sich daraus für den wissenschaftlichen und letztlich auch industriellen Einsatz ergeben."

Insbesondere bei den Reden von Danzmann und Mourou war der größte Vortragssaal im ICM – Internationales Congress Center München, bis auf den letzten Platz besetzt.

Die nächste LASER World of PHOTONICS findet vom 21. bis 24. Juni 2021 auf dem Gelände der Messe München statt, der nächste World of Photonics Congress von 20. bis 24 Juni 2021.

Die LASER World of PHOTONICS Die LASER World of PHOTONICS ist die weltweit führende Plattform der Laser- und Photonikindustrie. Parallel zur Messe findet der europaweit größte World of Photonics Congress statt. Das Programm umfasst mehrere wissenschaftliche Konferenzen von weltweit führenden Organisationen. Ergänzend bietet die Messe München Praxisvorträge über Photonik-Anwendungen („Application Panels") an. Im Jahr 2017 erzielte die Messe einen Ausstellerrekord mit 1.293 Ausstellern aus 42 Ländern. Es kamen über 32.000 Fachbesucher aus 90 Ländern auf das Gelände der Messe München. Der World of Photonics Congress registrierte rund 3.500 Teilnehmer, angeboten wurden rund 3.000 Vorträge und Präsentationen inkl. Posterpräsentationen. Die LASER World of PHOTONICS wird seit 1973 alle zwei Jahre von der Messe München organisiert; die nächste Ausgabe findet vom 21. bis 24. Juni 2021 in München statt, der nächste World of Photonics

Congress parallel vom 20. bis 24. Juni 2021 im ICM - Internationales Congress Center München.

Die LASER World of PHOTONICS hat ein internationales Netzwerk aufgebaut. Die LASER World of PHOTONICS CHINA und die LASER World of PHOTONICS INDIA sind regionale Leitmessen für Laser und Optische Technologien und werden jährlich in China (Shanghai) bzw. in Indien (im Wechsel zwischen Bengaluru, Mumbai und Neu Delhi) organisiert. Mit den Messen in München, China und Indien ist die Messe München der weltweit führende Messeveranstalter für Laser und Photonik.

Text und Bild: Presseinformation Laserworld of Photonics 2019

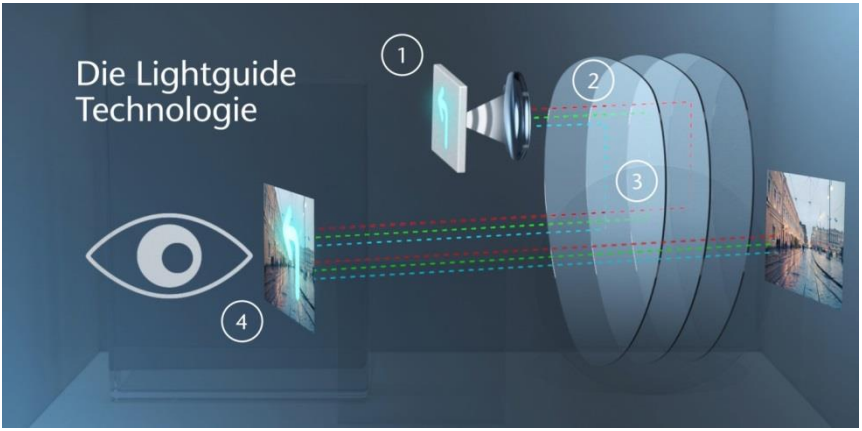
Augmented Reality mit maximiertem Blickwinkel

Die neuen SCHOTT RealView™ High-Index-Glaswafer ermöglichen noch realistischere Augmented-Reality-Anwendungen (AR). Die neuen beschichteten Glaswafer werden aus optischem Glas mit hohem Brechungsindex hergestellt und vergrößern hierdurch das Sichtfeld in AR-Geräten erheblich. Die hohe geometrische Präzision ihrer Oberfläche erlaubt eine hervorragende Bildqualität mit bestmöglichem Kontrast und höchster Auflösung. Bei der Herstellung der High-Index-Glaswafer können Kunden von SCHOTT auf die einzigartigen, voll integrierten Fertigungskapazitäten in der Serienproduktion von optischen Gläsern, deren Bearbeitung zu Wafern und optischer Beschichtung vertrauen. Experten des Unternehmens aus dem Bereich Advanced Optics präsentierten RealView™ auf der Display Week 2018 in Los Angeles, USA, erstmals der Öffentlichkeit.

SCHOTT RealView™ High-Index-Glaswafer erwecken Augmented Reality zum LebenFoto: SCHOTT

Intelligente Gläser brauchen intelligentes Glas. Der internationale Technologiekonzern SCHOTT hat unter dem Namen SCHOTT RealView™ neue optische Glaswafer für Augmented-Reality-Anwendungen entwickelt. Im Vergleich zu herkömmlichen Glaswafern verdoppeln sie den inneren Totalreflexionswinkel und ermöglichen damit ein größeres Sichtfeld in AR-Geräten. Damit haben Gerätehersteller von AR-Devices erstmals die Möglichkeit, das Blickfeld nahezu bis an die Grenzen des menschlichen peripheren Sehens zu erweitern.

Die Zukunft von Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) liegt im wahrsten Sinne des Wortes direkt vor unseren Augen: Denn nachdem die Lichtwellen aus dem Projektor der Datenbrille in sogenannten ebenen Wellen das Auge passiert haben, erreichen sie die menschliche Retina als Bildpunkt. Um ein möglichst klares und scharfes Bild zu produzieren, müssen AR- und MR-Brillen diese ebenen Lichtwellen möglichst gleichmäßig ins Auge leiten.



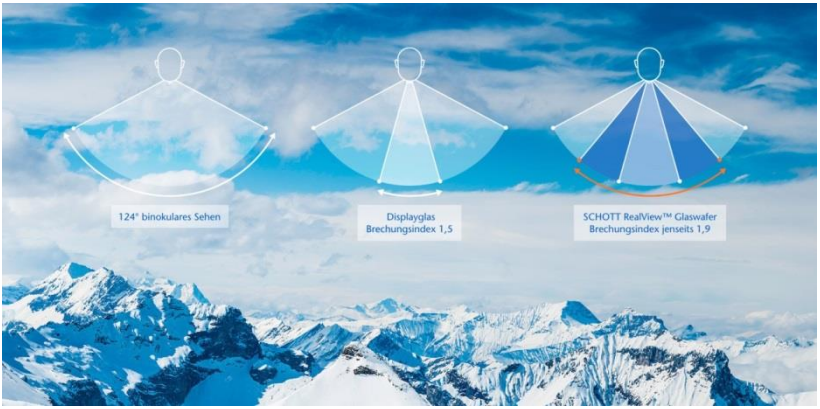
1: Projektor emittiert die Lichtwellen des digitalen Bildes in Richtung des Lichtleiters

2: Die Lichtwellen des Projektors werden an einer definierten Stelle mit Hilfe eines Gitters in den Lichtleiter (engl. light guide) eingekoppelt.

3: Lichtwellen jeder Farbe werden im definierten Gitter-Bereich n-mal ausgekoppelt. Da jedes Auge individuell geformt ist, müssen die Lichtwellen n-mal ausgekoppelt werden. (Bei der Lightguide-Technologie kommen typischerweise drei Glaswafer zum Einsatz, wobei jeder Wafer als Lichtleiter für eine Farbe im Rot-Grün-Blau-Farbraum (RGB) dient. Im vereinfachten Bild ist nur ein RGB-Bild dargestellt.)

4: Das bewegliche, nicht fix positionierte menschliche Auge nimmt sowohl das digitale als auch das reale Bild wahr. Dadurch entsteht der Eindruck einer erweiterten Realität (Augmented Reality/Mixed Reality).

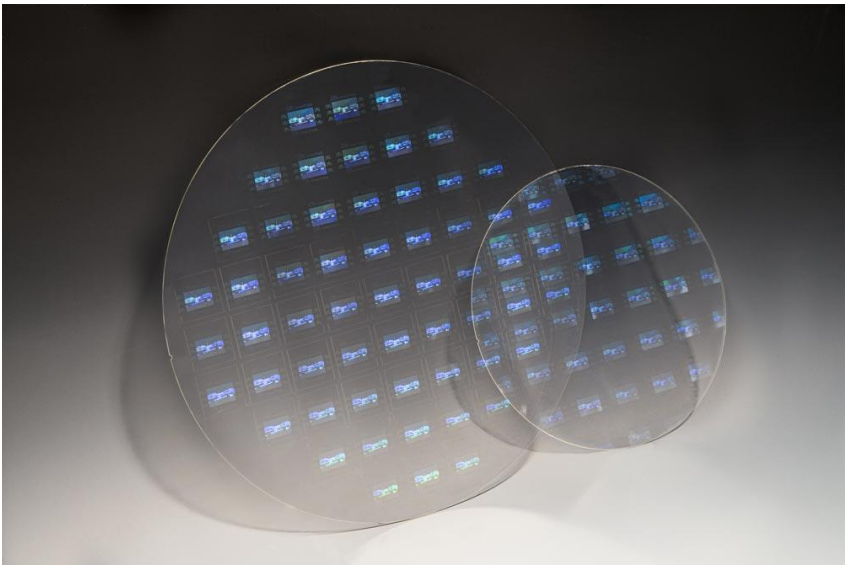
Mit der neuen Generation von SCHOTT RealView™ High-Index-Glaswafern können Hersteller von AR- und MR-Brillen nie dagewesene smarte Geräte realisieren. Mit einem Brechungsindex von 1,9 ermöglicht das neue Produktportfolio von SCHOTT ein Sichtfeld (FoV) von bis zu 53° in der Horizontalen und bis zu 65° in der Diagonalen – was im Vergleich zu aktuell erhältlichen AR-Anwendungen, die bei 40° liegen, ein deutlicher Fortschritt ist (Stand Juni 2019). Die Entwicklung kommt also nicht nur den spezifischen Bedürfnissen der Branche entgegen, sondern macht noch immersivere AR- und MR-Erlebnisse möglich.



Das optische Glas produziert SCHOTT in seinen High-Tech-Schmelzanlagen in Deutschland. Waferfertigung und optische Beschichtung finden in China statt, wo SCHOTT kürzlich ein Joint Venture mit Zhejiang Crystal-Optech eingegangen ist. Dadurch deckt SCHOTT alle qualitätsrelevanten Fertigungsschritte ab und bietet Innovatoren im Bereich AR eine vollumfängliche Lösung aus einer Hand: Von der Glasentwicklung bis zum beschichteten Wafer.

„Augmented Reality soll digitale und reale Welten bestmöglich miteinander verschmelzen“, erklärt Dr. Rüdiger Sprengard, Head of Augmented Reality, bei SCHOTT Advanced Optics. „Um die Messlatte höher zu legen und den Anforderungen der Endverbraucher in diesem schnell wachsenden Markt gerecht zu werden, benötigen die Hersteller neuartige optische Wafer mit Eigenschaften, die um ein Vielfaches anspruchsvoller sind als alles, was bisher auf dem Markt verfügbar war – eine Herausforderung, der sich Wissenschaftler und Ingenieure von SCHOTT gestellt haben, um im Ergebnis Grenzen von Prozess- und Messtechnik zu verschieben.“

In den letzten Jahren haben die Forscher von SCHOTT ihr Know-how in der Schmelze und Oberflächenbearbeitung optischer Materialien genutzt und eng mit Innovatoren im Bereich AR zusammengearbeitet, um die Anforderungen dieser aufstrebenden Branche zu erfüllen. Nach intensiver Arbeit an Design und Prototyping ist die maßgeschneiderte optische Glaslösung für AR jetzt Realität geworden: SCHOTT RealView™. Die optischen Glaswafer sind ab sofort in Massenproduktion verfügbar.

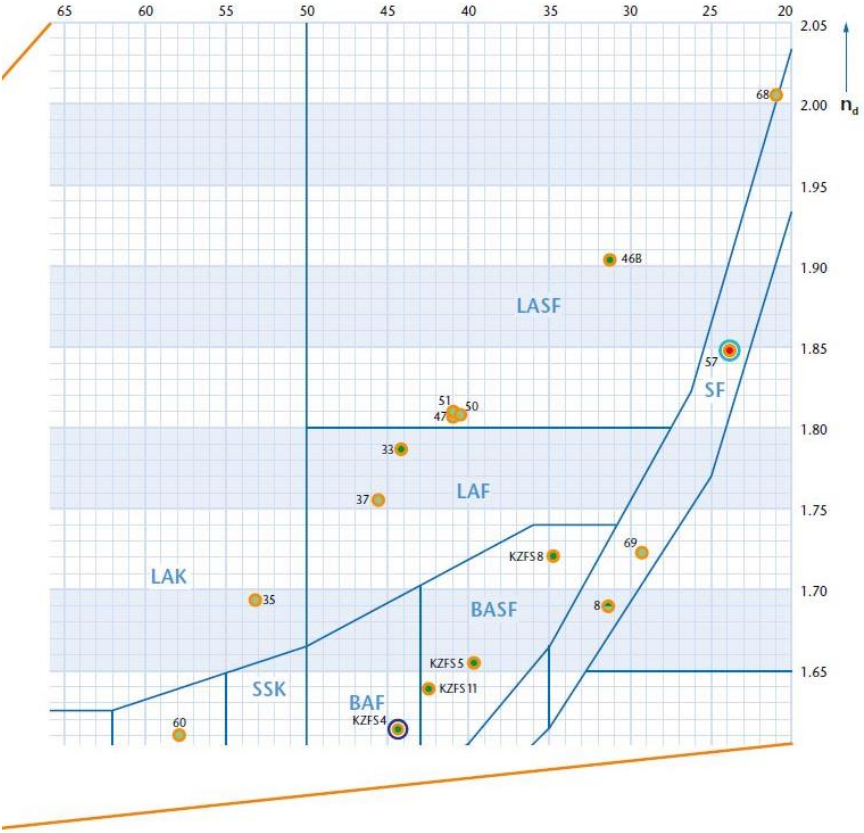


„Unser Vorteil ist, dass wir als voll integrierter Lieferant jeden Schritt des Prozesses abdecken. So können wir alle Eigenschaften kontrollieren, die für die Qualität des Bildes entscheidend sind: Glas-Chemie, Glasschmelze, Wafer-Prozessierung und optische Beschichtungen – wir kontrollieren jeden Produktionsschritt“, so Sprengard. „Zudem haben wir in den letzten Monaten massiv in unsere Produktions-Infrastruktur investiert, so dass wir das starke Marktwachstum bedienen können.“

Optisches Glas veredelt zu SCHOTT RealView™ Glaswafern SCHOTT RealView™ Glaswafer sind mit maßgeschneidertem Brechungsindex und einzigartigen Lichtleiteigenschaften erhältlich. Zudem sind sie – gemessen als Total Thickness Variation (TTV) – etwa zehn Mal gleichmäßiger in der Dicke als herkömmliche Glaswafer.

AR-Kunden profitieren von der 133-jährigen Erfahrung von SCHOTT im Bereich der optischen Gläser und seiner Kompetenz in der Verarbeitung. Mit einem Portfolio von 120 optischen Gläsern mit einem Brechungsindex höher 1,9 verfügt SCHOTT in Deutschland

über eine lange Tradition und weltweit führende Position in der Herstellung hochwertiger Glasmaterialien. Dieses Know-how nutzt das Unternehmen, um seine Augmented-Reality-Kunden bei der Auswahl des richtigen Materials für ihre Anforderungen zu unterstützen.



Für die Serienproduktion von Blockbuster-Produkten stehen in China die erforderlichen Kapazitäten bereit. Gleichzeitig können sich die Kunden bei der Lieferung von Prototypen und in Sachen Forschung auf die Kompetenz der deutschen und schweizerischen Werke des Konzerns verlassen. SCHOTT ist damit bestens gerüstet, um das Wachstum der aufstrebenden AR-Branche aktiv mitzugestalten.

Presseinformation SCHOTT
www.schott.com/reality

Fotografie zwischen künstlicher und menschlicher Intelligenz

Auf Einladung des Photoindustrie-Verbands (PIV) diskutierten Branchenexperten über den Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) in der Imaging-Branche.

Frankfurt am Main, 20. Mai 2019 – Können Algorithmen Kunst erzeugen oder zerstört Künstliche Intelligenz (KI) die kreativen Potenziale der Fotografie? Werden Kameras durch generatives Imaging überflüssig? Mit diesen und vielen weiteren Fragen setzte sich die Expertenrunde, bestehend aus dem Fotografen Caleb Ridgeway (Das Fotostudio), dem Startup-Unternehmer Cedric Larrat (Deep Art Effects) sowie den KI-Spezialisten Jan Werth (Phytec), auseinander.

Die Teilnehmer waren sich einig, dass die Fotografie seit ihren Gründertagen ein technisches System ist, das auf zahlreichen physikalischen und chemischen Voraussetzungen basiert, die zunächst überhaupt nichts mit Kreativität zu tun haben. Die Wissenschaften liefern das Fundament für das „System Fotografie“, welches entweder durch den Menschen oder einer erweiterten Technologie zu herausragenden Kunstwerken führen kann.

Während für Ridgeway die Fotografie ein persönliches Ausdrucksmittel seiner Realität ist, bietet Larrats App auch unkreativen Menschen die Möglichkeit, jedem Bild durch KI einen gewünschten Kunststil zu verpassen und somit ein einzigartiges Produkt zu schaffen. Der KI-Experte Werth sieht hierin keine Divergenz der Ansichten. „Das Besondere an Künstlicher Intelligenz ist, dass das System in der Lage ist, zu lernen – aus sich heraus und vor allem vom Verhalten des Users. Das hieße aber auf die Kreativität angewendet: Algorithmen sind zwar irgendwann mal programmiert worden, das System entwickelt sich aber durch

kreatives Zutun des Nutzers immer weiter. Künstliche Intelligenz hat also, wenn sie selbstlernend ist, kreatives Potenzial.“

En gros bewerten die Experten KI als eine Erweiterung der Imaging-Welt, die Prozesse einleitet, mit denen in Zukunft ganz neue Arten von Kunst, Forschung und Kreativität entstehen werden. So ermöglicht beispielsweise das sogenannte „Generative Imaging“ die Entstehung vollkommen neuer Bilder, die nicht nur durch KI entstehen, sondern eben-falls durch KI auf ihr echtes Aussehen hin überprüft werden: „Das ist eine Revolution im Imaging mit ungeahnten Möglichkeiten, aber auch mit Folgen, dass Bilder beispielsweise von jeglichem Wahrheits- oder Wirklichkeitsanspruch entkoppelt werden“, so Cedric Larrat. Die Forschung und Entwicklung geht aber heute schon weiter: Aus gesprochenen Texten und Beschreibungen werden dank KI generativ neue Bilder geschaffen, die keine bildbezogene Quelle mehr haben und ausschließlich fiktiv sind. Den Beginn des Endes von Kameras bzw. Aufnahmegeräten sehen die Experten aber nicht. Fotografien halten meist besondere Momente und Erinnerungen fest, das kann eine KI nicht leisten. Aller-dings kann sie den Fotografen unterstützen, indem beispielsweise passende Fototipps gesprochen und gezeigt werden oder Aufnahmeort und -zeitpunkt optimiert werden.

Ist „Generative Imaging“ der eine große Trend der bildrelevanten Branche, dann ist die „Bilderkennung“ ein anderer. „Dabei geht es nicht um Fotografie, sondern vor allem da-rum, Bildinformationen aus den Abbildungen herauszuziehen, zu analysieren und weiter-zuverarbeiten“, so Werth. Imaging fungiert in diesen Bereichen vom autonomen Fahren bis hin zur Qualitätskontrolle bei Produktionsprozessen nicht als Bildgenerator, sondern als Datensammler. Die Bilderkennung wird aber auch zum „Weisungsgeber“: Wo muss ich hinlaufen? Wie voll ist der Kühlschrank? etc. Allumfassendes Datensammeln geht einher mit allumfassender Analyse und anschließender Aufforderung für eine aus den Erkenntnissen abgeleiteten oder eine automatisch in Gang gesetzten Handlung. Gekoppelt werden diese Systeme, erläutert Cedric Larrat, mit innovativer Audioerkennung, um die Bilddaten weiter zu verifizieren und einordnen zu können. In der Kombination aus Bild- und Audiodaten, dem Synthetisieren und Erkennen, sehen

alle Experten der Runde den nächsten wichtigen Schritt in der Weiterentwicklung der KI.

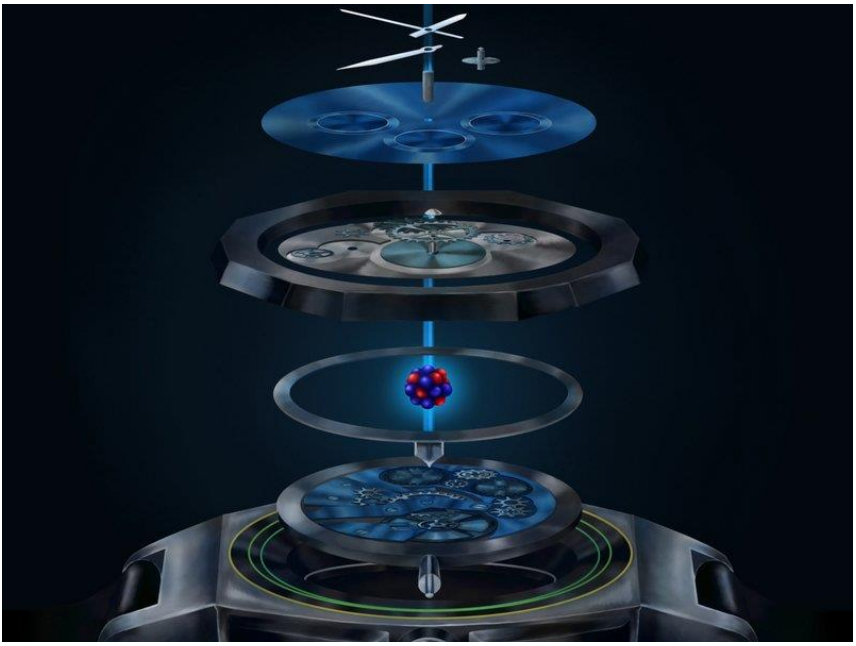
Da das Angebot an Tools durch den Einsatz von KI potenziert wird, könnte die Kamera von morgen sich über einen eigenen App-Baukasten zusammensetzen lassen. Jeder bestellt nur die Funktionen, die ihn je nach Know-how oder Vorlieben unterstützen.

„Meine eigene kreative Intelligenz ist der künstlichen Intelligenz insofern in künstlerischen Prozessen überlegen, weil nur ich weiß, was ich eigentlich fotografieren will und was ich genau tun muss, um die Idee in ein starkes Bild umzusetzen. Trotzdem kann ich mir natürlich einige Bereiche in meiner beruflichen Tätigkeit als Profifotograf vorstellen, in denen mir Künstliche Intelligenz hilft wie beispielsweise bei der Selektion großer Foto-Mengen oder auch in der perfekten Postproduktion von Videos“, resümiert Caleb Ridgeway die Ergebnisse der PIV Expertenrunde aus Sicht eines Foto-Praktikers. Bezüglich kreativer Prozesse scheint vielleicht die Symbiose aus künstlicher und menschlicher Intelligenz die beste Lösung für die Zukunft zu sein.

Presseinformation, 20.05.2019
Photoindustrie-Verband e.V.

Auf dem Weg zur Kernuhr

Physiker konnten erstmals die Energie genau messen, die frei wird, wenn Thorium-229-Atomkerne aus dem niedrigsten angeregten Niveau in den Grundzustand zurückfallen. Damit sind sie bei der Entwicklung einer Kernuhr, die noch weit genauer tickt als heutige Atomuhren, einen wichtigen Schritt weitergekommen.



Uhren gehören zu den genauesten Messinstrumenten überhaupt. Die derzeit besten Atomuhren gehen in 30 Milliarden Jahren nur um eine einzige Sekunde falsch. Eine Kernuhr, die auf einem Übergang im Kern des Isotops Thorium-229 basiert, könnte diese Präzision noch um eine ganze Größenordnung übertreffen. Einem Forscherteam ist es nun erstmals gelungen, die Energie dieses Übergangs genau zu vermessen. Das Team unter der Leitung von Peter Thirolf von der LMU München ist damit in Zusammenarbeit mit Kollegen des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg, der Universität Mainz

und GSI Darmstadt, der Universität Bonn und der Technischen Universität Wien einen bedeutenden Schritt auf dem Weg zur Kernuhr vorangekommen, wie die Wissenschaftler in *Nature* berichten.

Im Unterschied zu gewöhnlichen Atomuhren dienen bei Kernuhren nicht Schwingungen in der Elektronenhülle von Atomen als Taktgeber, sondern Schwingungen im Atomkern selbst. Die Schwingungen sind die Folge von Übergängen zwischen Energieniveaus, die von Lasern bestimmter Wellenlängen angeregt werden. Allerdings liegen die zur Anregung von Atomkernen erforderlichen Energien um mehrere Größenordnungen über den Anregungsenergien für die Elektronen in der Hülle des Atoms. Eine Ausnahme ist das Isotop Thorium-229: Es besitzt das bei weitem niedrigste angeregte Energieniveau aller derzeit bekannten etwa 3800 Atomkerne. Für seine Anregung reicht ultraviolette Strahlung aus, die mit Lasern produziert werden kann. Welche Art von Laser für die Anregung von Thorium-229 benutzt werden muss, war bisher allerdings unklar, da die Eigenschaften des Kerns nicht genau genug bekannt sind. Denn die Energie beziehungsweise Wellenlänge des Laserlichts muss haargenau auf die Energie des Kernübergangs abgestimmt sein.

Da sich der niedrigste angeregte Zustand aktuell nicht direkt erzeugen lässt, verwendeten die Wissenschaftler angeregte Thorium-229-Kerne aus in Mainz hergestellten Quellen. Daraus gewannen sie mithilfe einer an der LMU entwickelten Apparatur Thorium-229-Kationen. Wenn Thorium-229 als Ion vorliegt, besitzt es einen mit einer Lebensdauer von Stunden vergleichsweise langlebigen angeregten Kernzustand. Dies erschwert aber die Messung, da nur sehr selten ein Kern in den Grundzustand zurückfällt. Gibt man diesem Ion seine Elektronen zurück, geschieht dies dagegen innerhalb weniger Mikrosekunden.

Deshalb nutzten die Wissenschaftler einen Trick: Sie schossen die Ionen durch eine Folie aus Graphen. Dann holt sich das Ion seine fehlenden Elektronen vom Graphen und verlässt die Folie als neutrales Atom. Der angeregte Kernzustand gibt seine Energie an ein Elektron ab, das aus der Atomhülle herausgeschossen wird und wieder ein Thorium-Ion zurücklässt. Die kinetische Energie dieses

Elektrons hängt von der Energie des angeregten Kernniveaus ab und ist dann mit einem Elektronen-Spektrometer messbar.

Die Interpretation der gemessenen Spektren ist allerdings sehr anspruchsvoll, da das Elektron nur einen Teil der Kernanregungsenergie trägt und ein anderer Teil beim Thorium-Ion zurückbleibt. Nur mithilfe von aufwendigen Simulationen der elektronischen Energiespektren war es möglich, die Energie des Kernübergangs zu bestimmen. Hier konnten theoretische Physiker des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg geführt von Gruppenleiterin Adriana Pálffy den entscheidenden Beitrag leisten. „Während der Neutralisation wird der Elektronenhülle Energie übertragen. Dadurch sind die meisten Thorium-Atome gar nicht im elektronischen Grundzustand, sondern in angeregten Zuständen. Das macht die Datenanalyse umso komplizierter", sagt Pavlo Bilous, der involvierte ehemalige Doktorand, der mittlerweile erfolgreich promoviert hat.

Unter Berücksichtigung dieser Prozesse konnten die Wissenschaftler bestimmen, dass zur Anregung von Thorium-229 Laserstrahlen mit einer Wellenlänge von rund 150 Nanometern erforderlich sind. Auf Basis dieser Ergebnisse können nun erstmals solche Laser konstruiert und damit die Entwicklung einer Kernuhr entscheidend vorangetrieben werden. Die Wissenschaftler sind überzeugt, dass die Kernuhr in der Grundlagenforschung zahlreiche Anwendungen finden wird, da sich manche Fragestellungen nur mithilfe extrem präziser Zeitmessungen beantworten lassen.

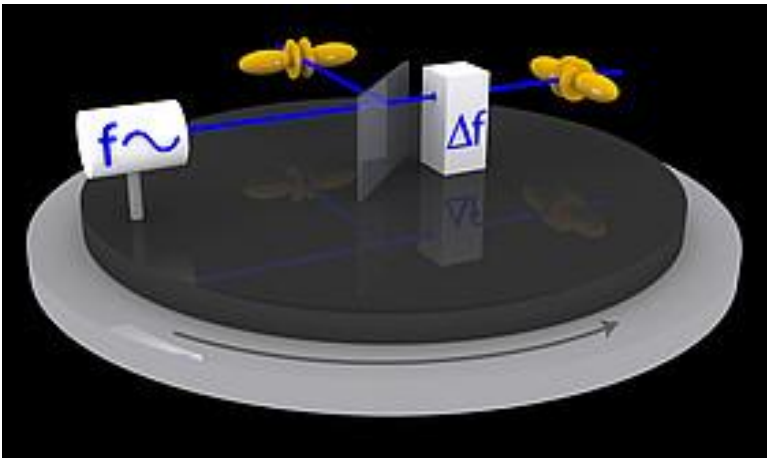
Presseinformation Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, 12.09.2019

Test der Symmetrie der Raumzeit mit Atomuhren

Der Vergleich zweier optischer Atomuhren bestätigt ihre hohe Genauigkeit und eine Grundannahme der Relativitätstheorie

Einstein formulierte in seiner Speziellen Relativitätstheorie die These, die Lichtgeschwindigkeit sei immer und unter allen Bedingungen gleich. Doch diese Gleichförmigkeit der Raumzeit könnte nach theoretischen Modellen der Quantengravitation für Teilchen nicht gelten.

Jetzt haben Physiker dies mit einem ersten Langzeitvergleich zweier optischer Ytterbiumuhren in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) überprüft. Mit diesen Uhren, die innerhalb von zehn Milliarden Jahren nur eine einzige Sekunde falsch gehen, müssten auch extrem kleine Abweichungen in der Bewegung der Elektronen des Ytterbiums gemessen werden können. Doch sie maßen keine Veränderung für unterschiedliche Ausrichtungen der Uhren im Raum. Damit ist die bisherige experimentelle Grenze für den Test der Raumzeit-Symmetrie um das Hundertfache verschärft worden. Zudem wird die extrem geringe systematische Messunsicherheit der optischen Ytterbiumuhren von weniger als $4 \cdot 10^{-18}$ bestätigt. Seine Ergebnisse hat das Team aus Physikern der PTB und der Universität Delaware (USA) in der aktuellen Ausgabe von Nature veröffentlicht.



Ein abstimmbarer Laser regt eine äußerst schmalbandige Resonanz eines Yb+-Ions in einer Atomuhr an. Zwei Ionen mit senkrecht zueinander ausgerichteten Wellenfunktionen (gelb) werden mit Laserlicht mit einer einstellbaren Frequenzverschiebung Δf abgefragt, um eine möglicherweise auftretende Frequenzdifferenz zu messen. Der gesamte Experimentaufbau rotiert mit der Erde einmal am Tag relativ zum Fixsternhimmel. (Abb.: PTB)

Es ist eines der berühmtesten historischen Physik-Experimente: Michelson und Morley zeigten schon 1887 mithilfe eines drehbar gelagerten Interferometers, mit dem sie die Lichtgeschwindigkeit entlang zweier senkrecht zueinander stehender optischer Achsen verglichen, was Einstein später theoretisch formulierte. Es wurde zu einer Grundaussage seiner Speziellen Relativitätstheorie: Die Lichtgeschwindigkeit ist unabhängig von der Raumrichtung immer gleich. Nun kann man fragen: Gilt diese nach Hendrik Antoon Lorentz benannte Symmetrie des Raumes auch für die Bewegung materieller Teilchen, oder gibt es Richtungen, entlang derer sie sich bei gleicher Energie schneller oder langsamer bewegen? Insbesondere für hohe Energien der Teilchen sagen theoretische Modelle der Quantengravitation eine Verletzung der Lorentz-Symmetrie vorher.

Mit zwei Atomuhren wurde jetzt ein Experiment durchgeführt, um diese Fragestellung mit hoher Präzision zu untersuchen. Die

Frequenz dieser Atomuhren wird jeweils von der Resonanzfrequenz eines einzelnen, in einer Falle gespeicherten Yb^+-Ions gesteuert. Während die Verteilung der Elektronen des Yb^+-Ions im Grundzustand kugelsymmetrisch ist, befinden sich die Elektronen im angeregten Zustand in einer deutlich elongierten Wellenfunktion und bewegen sich damit hauptsächlich entlang einer Raumrichtung. Die Ausrichtung der Wellenfunktion wird durch ein in der Uhr angelegtes Magnetfeld bestimmt und wurde für beide Uhren etwa senkrecht zueinander gewählt. Die Uhren sind im Labor fest montiert und drehen sich gemeinsam mit der Erde einmal am Tag (genauer: einmal in 23,9345 Stunden) relativ zu den Fixsternen. Eine Abhängigkeit der Elektronengeschwindigkeit von der Orientierung im Raum würde sich daher als periodisch mit der Erdrotation auftretende Frequenzdifferenz zwischen beiden Atomuhren zeigen. Um einen solchen Effekt klar von möglichen technischen Einflüssen unterscheiden zu können, wurden die Frequenzen der Yb^+-Uhren über mehr als 1000 Stunden verglichen. Es wurde dabei keine Veränderung der Uhren zueinander für den zugänglichen Bereich von Periodendauern von wenigen Minuten bis zu 80 Stunden beobachtet. Für die theoretische Interpretation und Rechnungen zur Atomstruktur des Yb^+-Ions hat das PTB-Team mit theoretischen Physikern von der University of Delaware, USA, zusammengearbeitet. Die aktuellen Resultate verschärfen nun die von Forschern der Universität Berkeley 2015 mit Ca^+-Ionen gesetzten Grenzen um etwa einen Faktor 100.

Im Mittel über die gesamte Messzeit zeigten beide Uhren eine relative Frequenzabweichung von weniger als $3 \cdot 10^{-18}$. Dies bestätigt die vorher abgeschätzte kombinierte Unsicherheit der Uhren von $4 \cdot 10^{-18}$ und ist ein wichtiger Fortschritt in der Charakterisierung von optischen Atomuhren auf diesem Genauigkeitsniveau. Potenziell zeigen diese Uhren erst nach etwa zehn Milliarden Jahren eine Differenz von einer Sekunde an.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, 14.03.2019

Optische Superlinsen aus Gold

Eine kegelförmige Spitze aus Gold bildet das Kernstück eines neuen, extrem leistungsfähigen optischen Mikroskops, das Wissenschaftler der Uni Oldenburg entwickelt haben. Der Trick des neuen Mikroskops besteht darin, statt einer Linse aus Glas einen kleinen Kegel aus Gold mit einer winzigen eingravierten Gitterstruktur zu verwenden, um das Licht zu fokussieren. Dabei wird die Lichtwelle in eine Plasmonwelle umgewandelt, die an der Oberfläche des Goldes zur Spitze des Kegels entlangläuft. Die Welle zieht sich dabei auf ihrem Weg räumlich immer weiter zusammen und wird so stark fokussiert, dass schließlich am Ende der Spitze ein isolierter, nur wenige Nanometer großer Lichtfleck entsteht, der hundertfach kleiner ist als ein Fleck, auf den Licht mit Glaslinsen fokussiert werden kann. Dieser Lichtfleck wird nun über die Oberfläche der Probe bewegt und es wird ein räumliches Bild des gestreuten Lichts aufgenommen.

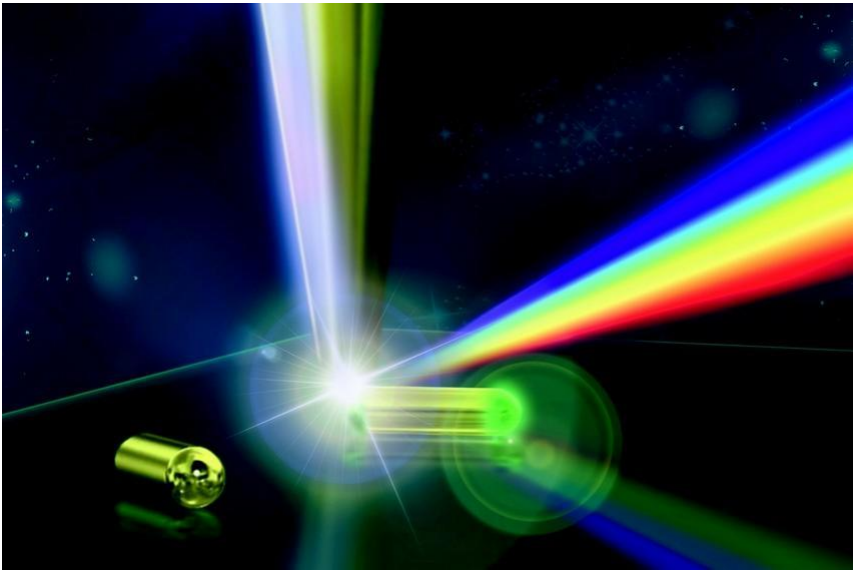


Bild: Eine extrem dünne Spitze aus Gold kann Licht so stark fokussieren, dass Objekte mit einem Durchmesser von wenigen Nanometern sichtbar werden. (Bild: U. Oldenburg)

„Viele Nanostrukturen, etwa Viren oder auch technologisch relevante Nanopartikel, sind erheblich kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichts und können mit konventionellen Lichtmikroskopen deshalb nicht abgebildet werden“, erläutert Martin Esmann von der Uni Oldenburg. Mit ihrem neuen Verfahren gelang es Esmann und seinen Kollegen aus dem Team um Christoph Lienau und Gunther Wittstock, zylindrische Nanopartikel mit einem Durchmesser von nur zehn Nanometern optisch abzubilden. Dabei konnten Details der räumlichen Verteilung der elektromagnetischen Felder, die diese Nanostrukturen umgeben, mit einer Auflösung von fünf Nanometern abgebildet werden.

„Wir konnten nicht nur die Helligkeit, sondern auch die Farbverteilung des gestreuten Lichts mit bisher nicht erreichter Präzision vermessen“, so Lienau über die als „plasmonische Nanofokussierung“ bezeichnete Methode. Die neue Technik kann nicht nur nanoskopische Objekte sichtbar machen, sie kann auch im Detail untersuchen und sogar steuern, wie sich Licht zwischen der Goldspitze und anderen Nanoobjekten ausbreitet. „Es handelt sich also nicht nur um ein passiv beobachtendes Mikroskop, sondern mit unserer Nanosonde sind wir in der Lage, gezielt die optischen Eigenschaften des beobachteten Objekts zu verändern“, so Lienau weiter.

Damit biete die neue Methode ungeahnte Möglichkeiten, um beispielsweise den Energietransport auf der Nanoskala besser zu verstehen, sind sich die Experten sicher. Zudem sehen die Forscher Anwendungsmöglichkeiten in der Medizin, bei der Entwicklung leistungsstärkerer Batterien und Solarzellen oder bei der Konzipierung neuer Bauelemente für Quantencomputer.

U. Oldenburg / RK
Weitere Infos

Originalveröffentlichung

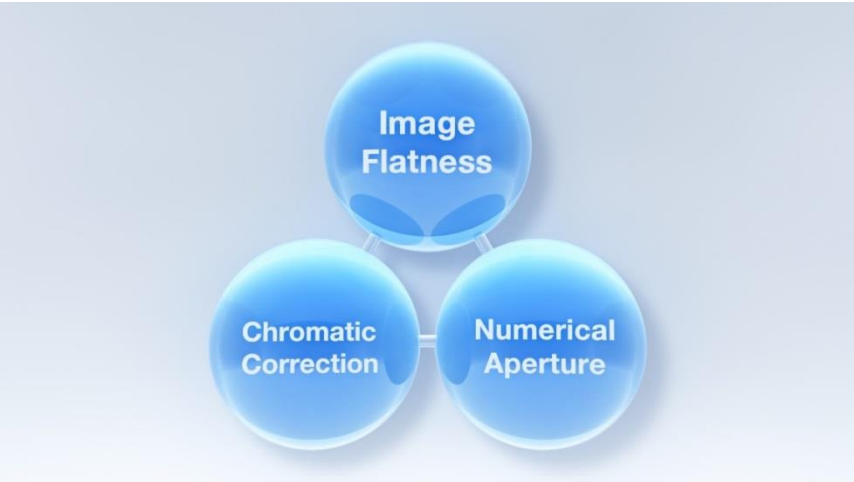
M. Esmann et al.: Vectorial near-field coupling, Nat. Nanotech., online 13. Mai 2019; DOI: 10.1038/s41565-019-0441-y

AG Ultraschnelle Nano-Optik (C. Lienau), Institut für Physik, Fklt. für Mathematik und Naturwissenschaften, Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg

Neue Objektiv-Serie für Life Science

Olympus präsentiert mit der X Line eine hochentwickelte Objektiv-Serie für Forschung und Klinik. Die leistungsstarken Modelle zeichnen sich durch extrem dünne, auf Basis eines revolutionären Polierverfahrens gefertigte Linsen aus, wodurch gleichzeitig eine hohe numerische Apertur, Planirität sowie chromatische Korrektur ermöglicht werden. Die Anwender profitieren so von einer außergewöhnlichen Bildqualität für verschiedenste Life-Science-Applikationen.

Als führender Optik-Anbieter seit 100 Jahren, setzt Olympus mit seinen Objektiven der nächsten Generation erneut Maßstäbe bei der Imaging-Qualität. Dank eines revolutionären Polierverfahrens ist das Unternehmen in der Lage, extrem dünne Linsen herzustellen, die den herkömmlichen Kompromiss zwischen numerischer Apertur (NA), Planarität und chromatischer Korrektur aufheben und alle drei Parameter signifikant verbessern. Olympus nutzt diese proprietäre Technologie sowohl zur Fertigung seiner leistungsstarken X Line-Objektive für Anwendungen in der Forschung und Klinik, als auch für die Produktion seiner UPLAPO-HR-Objektive – den weltweit ersten plankorrigierten, apochromatischen Objektiven mit einer NA von 1,5 für TIRFM (Total Internal Reflection Fluorescence Microcopy) und Super Resolution Anwendungen, . Allein durch den Einsatz dieser neuen Objektive lassen sich in den genannten Bereichen signifikante Verbesserungen erzielen und neue Applikationen erschließen, ohne das vorhandene Imaging-System austauschen zu müssen.



X Line: keine Kompromisse

Herkömmliche Linsen zwingen Hersteller zu der Entscheidung, entweder die Planarität, die chromatische Aberration, oder die NA zu optimieren – Faktoren, die allesamt zu hellen, hochaufgelösten Bildern beitragen. Olympus jedoch beendet mit seinen X Line-Objektiven diesen Kompromiss und erzielt für alle drei Pfeiler einen gleichermaßen optimalen Wert. Das Ergebnis: eine Bildqualität, die marktweit ihresgleichen sucht. Ob für präzise Diagnosen, beim Imaging mit großem Sehfeld (FOV), beim Mehrkanal-Fluoreszenz-Imaging, beim Image-Stitching, oder bei der quantitativen Bildanalyse: Von der konstant hohen Bildqualität über das gesamte Sichtfeld profitieren die Anwender in zahlreichen Anwendungen.

Die NA beschreibt das Vermögen eines Objektivs, Licht zu sammeln. Das bedeutet, Objektive mit hoher NA erzielen eine höhere Auflösung, bei einer kürzeren Belichtungszeit und minimierter Phototoxizität. Die ultradünnen Linsen der X-Line-Objektive weisen eine numerische Apertur von bis zu 1,45 auf – ein Wert, der üblicherweise nur von Spezialobjektiven erzielt wird. Kombiniert wird dies mit der marktweit führenden Korrektur chromatischer Aberration in einem Bereich von 400 – 1.000 nm und

einer exzellenten Bildflachheit. Die chromatische Korrektur beugt einer wellenlängenabhängigen Farbverschiebung entlang der X-, Y- und Z-Achse vor und ermöglicht so Farbechtheit sowie eine hochpräzise Mehrfarben-Kolokalisation und -Messung. Die Bildflachheit stellt sicher, dass sich das gesamte Sehfeld im Fokus befindet, was allen Anwendern zugutekommt, insbesondere aber jenen, die mit Image-Stitching oder der quantitativen Bildanalyse arbeiten.

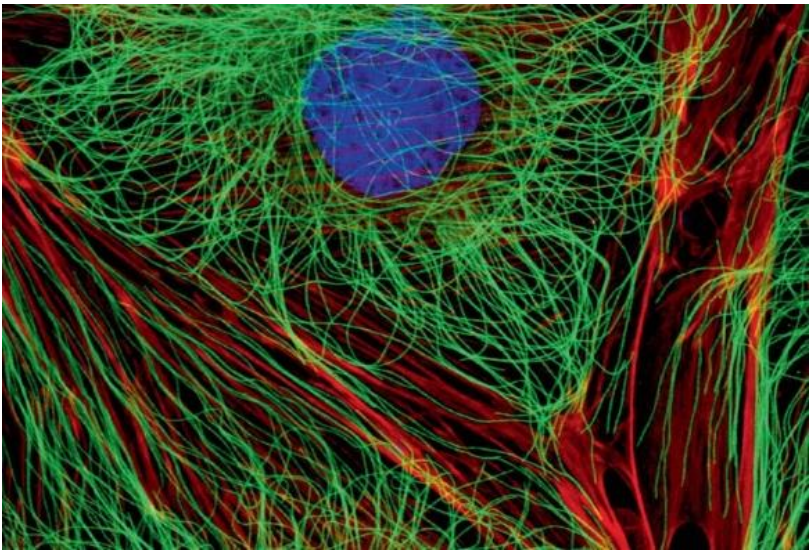


Bild 1. Eine maximale Apertur ermöglicht eine höhere Fluoreszens der Bilder und bessere Visualisierung feinster Strukturen

Ob High-End- oder einfaches Mikroskop: Mit den X-Line-Objektiven lässt sich die Bildqualität merklich verbessern. Die Modelle sind mit zahlreichen Systemen kompatibel. Ein Wechsel des Anschlusses oder des Parfokalabstandes ist nicht erforderlich, was das Upgraden dieses oft unterschätzten Mikroskopieteils vereinfacht.

Die Planarität oder Ebenheit der Bildebene wird typischerweise insbesondere durch die sphärische Aberration, Koma, Verzeichnung

und Randabfall begrenzt. Dadurch verringert sich die Auflösung von Bildmitte zum Bildrand hin. Insbesondere für die Fluoreszensmikroskopie ist jedoch eine gleichmäßige Erregungsintensität über die gesamte Bildfläche von Bedeutung. Die maximale Apertur der X-Line Objektive ohne Verlust an Planarität oder chromatischer Aberration wird erreicht durch eine präzise Anordnung einer Linsengruppe aus drei Linsen (Konvex-Konkav-Konvex). Diese Linsen sind mit extrem dünnen Rändern hergestellt (Bild 2).

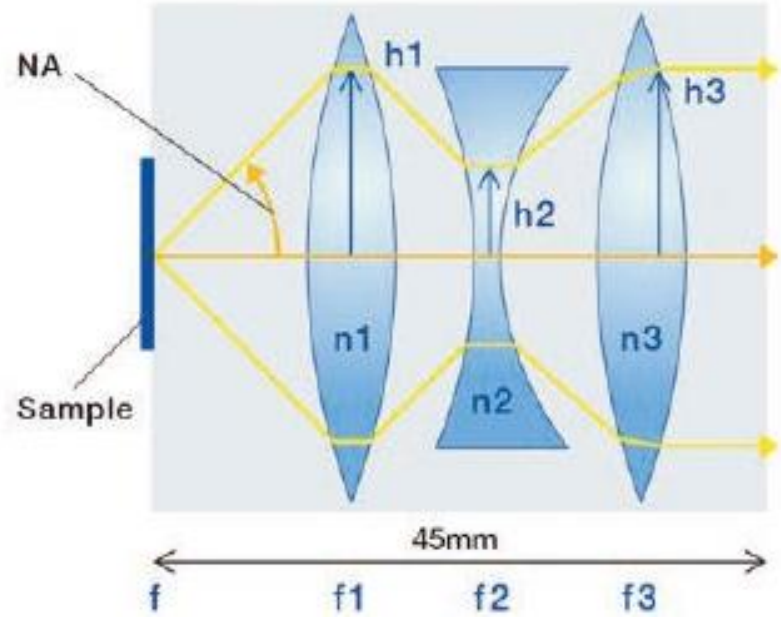


Bild 2. Die dünnen Ränder der Linsen erlauben eine größere Akzeptanz zur Kollimation und der nutzbaren Apertur

Die chromatische Aberration bestimmt die Fähigkeit eines Objektivs, Licht verschiedener Wellenlängen im gleichen Spot zu fokussieren. Die chromatische Korrektion ist besonders wichtig zur Erzeugung mehrfarbiger, geteilter Fluoreszens-Bilder in hoher Qualität und für die Ko-Lokalisationsanalyse. Zur Korrektion werden konvexe und

konkave Linsen in Gruppen so angeordnet, dass sich ihre jeweiligen Aberrationen kompensieren. Im Ergebnis wird blaues und rotes Licht im selben Spot fokussiert. Mit einer Anordnung von 15 Linsen in 9 Gruppen erfolgt eine hervorragende Korrektion der chromatischen Aberration über den weiten Wellenlängenbereich von 400 bis 1000 nm.

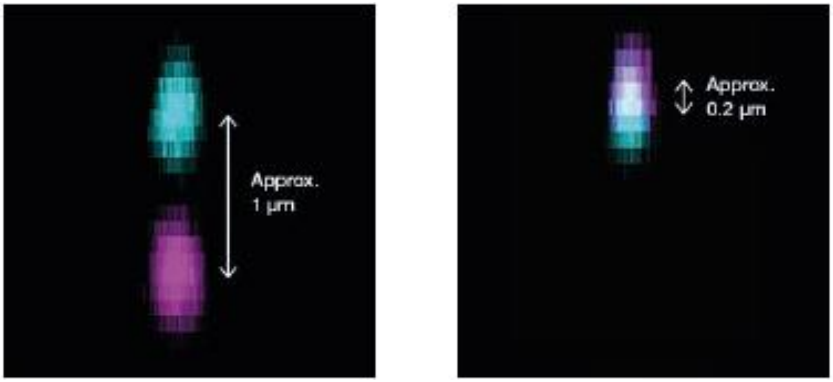


Bild 3: Die chromatische Korrektion führt zur Fokussierung unterschiedlicher Wellenlängen auf einen gemeinsamen Fokuspunkt. X-Line Objektive weisen eine extrem hohe chromatische Korrektion auf. (links: Konventionelles Objektiv, rechts: X-Line Objektiv) Die anregende Wellenlänge ist 405 nm für das Cyan-Signal und 640 nm für das Purpur-Signal

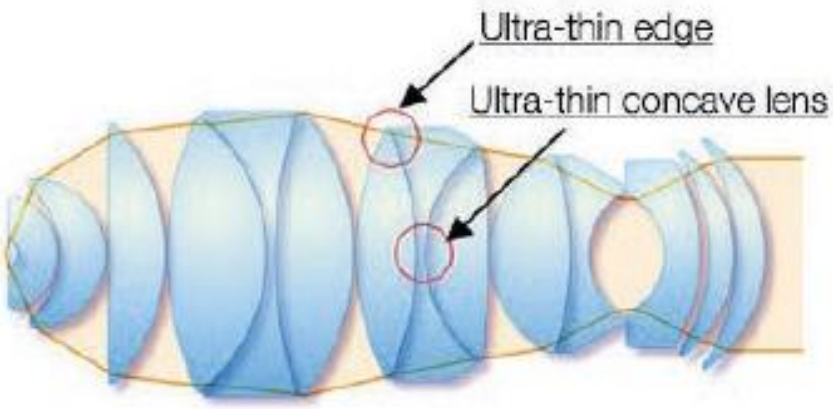


Bild 4: X-Line Objektive bestehen aus 15 Linsen, angeordnet in 9 Gruppen – konventionelle Objektive bestehen aus 13 Linsen in 7 Gruppen

„Manch einer mag sagen, dass es nur ein Objektiv ist. Aber Objektive sind tatsächlich das Herzstück eines jeden Mikroskops. Sie sind maßgeblich für die Qualität des gesamten Imaging-Systems und die Präzision der nachgelagerten Datenanalysen verantwortlich“, sagt Jan Barghaan, Marketing Manager bei Olympus Europa. „Wenn das Rohdaten nicht gut ist, stößt auch die beste Bildbearbeitung schnell an ihre Grenzen. Mit dieser neuen Objektivserie von Olympus erhält der Anwender nicht nur eine bessere Rohdaten, sondern am Ende auch auch aussagekräftigere Daten.“

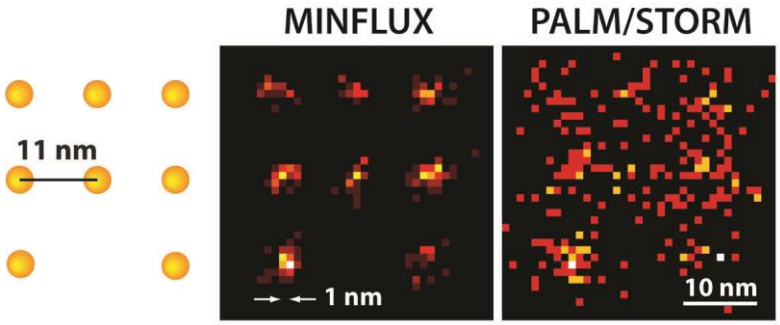
Als Pionier der TIRF-Mikroskopie setzt Olympus sein einzigartiges Herstellungsverfahren auch für das Design von Spezialobjektiven ein, die speziell bei der TIRF-Mikroskopie und bei Anwendungen mit besonders hoher Auflösung eingesetzt werden. Diese UPLAPO-HR-Objektive sind die marktweit einzigen plankorrigierten Apochromat-Objektive mit einer NA von 1,5. Was sie auszeichnet sind helle, hochaufgelöste Darstellungen mit einer erstklassigen Bildflachheit für qualitativ hochwertiges Imaging und zuverlässige Daten für exakte Ergebnisse.

Weitere Informationen zu den neuen Objektiven:
Pressemitteilungen Olympus GmbH, 2019
https://www.olympus-lifescience.com/de/landing/objectives/

MINFLUX-Nanoskopie sieht Zellen molekular scharf

Max-Planck-Forscher machen Fluoreszenzmikroskopie mit molekularer Trennschärfe nun auch für die Lebenswissenschaften anwendbar

Vor drei Jahren stellten der Göttinger Nobelpreisträger Stefan Hell und sein Team die MINFLUX-Nanoskopie vor. Mit ihr war es erstmals möglich, fluoreszierende Moleküle mit Licht getrennt sichtbar zu machen, die nur ein paar Nanometer (Millionstel Millimeter) voneinander entfernt sind – die Technik ist also hundertmal schärfer als die herkömmliche Lichtmikroskopie. Schärfer geht es nicht. Jetzt haben die Max-Planck-Forscher eine neue Entwicklungsstufe dieser Technik vorgestellt: MINFLUX erreicht diese Auflösung nun auch in Zellen, und das mehrfarbig und in 3D. Damit lässt sich die MINFLUX-Nanoskopie auf vielfältige biologische Fragestellungen anwenden.



Der Vergleich dokumentiert die epochalen Auflösungs-Durchbrüche in der Fluoreszenzmikroskopie: Die von Stefan Hell und Mitarbeitern entwickelte STED-Mikroskopie erreichte bereits vor über zehn Jahren eine etwa zehnmal höhere Auflösung als die

weitverbreitete Konfokal-Mikroskopie. Mit MINFLUX steigerten sie nun die Detailschärfe noch einmal um das Zehnfache, also insgesamt 100-fach und damit bis in den Bereich weniger Nanometer.

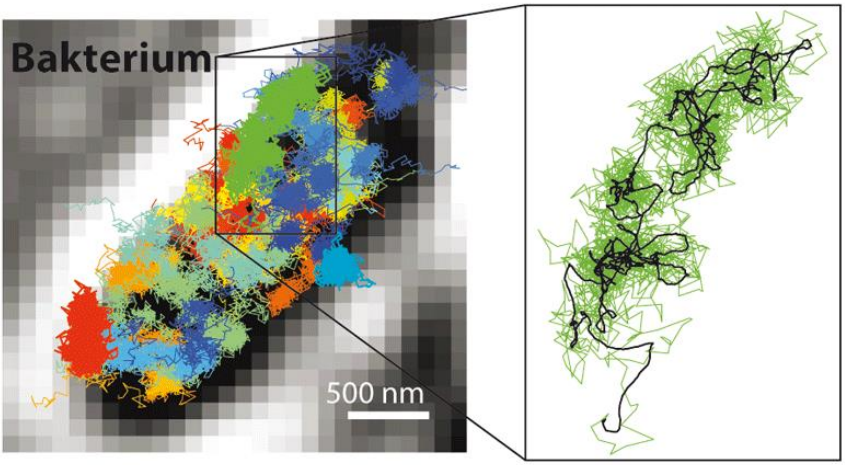
© MPI f. biophysikalische Chemie/ Stefan Hell

Es war ein großes Versprechen für die biologische Forschung, das Hell gab, als er und sein Team im Jahr 2016 MINFLUX vorgestellt hatten: Er sei davon überzeugt, dass die Methode das Zeug dazu habe, eines der mächtigsten Werkzeuge der Zellbiologie zu werden, sagte der Physiker vom Göttinger Max-Planck-Institut (MPI) für biophysikalische Chemie damals. „Mit diesem Verfahren wird es möglich sein, Zellen molekular zu kartografieren."

Für MINFLUX hatte Hell die Stärken der beiden bis dato hochauflösendsten Fluoreszenz-Nanoskopie-Techniken zusammengeführt: PALM/STORM und die von ihm selbst entwickelte STED-Mikroskopie, für die er 2014 den Nobelpreis für Chemie erhalten hatte. MINFLUX erreichte erstmals eine Trennschärfe von wenigen Nanometern und war auch bis zu hundertmal schneller im Verfolgen sich in der Zelle bewegender Moleküle. Allerdings war MINFLUX damals nur für künstliche Testobjekte gezeigt worden und noch nicht für die Untersuchung von (lebenden) Zellen einsetzbar.

Maximale Auflösung

Die aktuelle Veröffentlichung mit den Erstautoren Klaus Gwosch, Jasmin Pape und Francisco Balzarotti löst nun dieses Versprechen ein und zeigt das ganze Potential der Methode. „Wir haben MINFLUX so weit entwickelt, dass wir fluoreszierende Moleküle in Zellen mit maximaler, molekularer Auflösung, in zwei Farben und dreidimensional sichtbar machen können", fasst Jasmin Pape zusammen. „Damit erfüllt MINFLUX bereits heute viele Anforderungen, um Moleküle und Prozesse in lebenden Zellen molekular scharf abzubilden und zu untersuchen."



Mit MINFLUX lassen sich Bewegungen zeitlich genauer verfolgen als mit der STED- oder PALM/STORM-Mikroskopie. Dadurch ist es möglich, sehr viel schnellere Bewegungen einzelner fluoreszenzmarkierter Moleküle in einer lebenden Zelle sichtbar zu machen. Links: Bewegungsmuster von 30S-Ribosomen (Bestandteile von Proteinfabriken, farbig) im Bakterium E. coli (schwarz-weiß). Rechts: Bewegungsmuster eines einzelnen 30S-Ribosoms (grün) vergrößert dargestellt.

© MPI f. biophysikalische Chemie/ Y. Eilers

MINFLUX nutzt einen Donut-förmigen Laserstrahl mit einer Intensitäts-Nullstelle in der Mitte, um einzelne fluoreszierende Moleküle zum Leuchten zu bringen. Aus der Stärke der Fluoreszenz lässt sich die ungefähre Position des Moleküls relativ zur Donutmitte bestimmen. Anschließend bewegt das Mikroskop den Donut so, dass sich die Intensitäts-Nullstelle näher am Molekül befindet. Weil die Position der Nullstelle bekannt ist, ist somit auch die Molekülposition genauer bestimmt – und das mit vergleichsweise wenigen Fluoreszenzphotonen. Die Wissenschaftler optimierten diesen Prozess, bis er auf ein bis drei Nanometer exakte Ergebnisse lieferte. MINFLUX ist nun auch für größere Proben einsetzbar, wie sie typischerweise unter dem Mikroskop von Biologen liegen, wenn sie lebende Zellen analysieren.

Außerdem nutzt MINFLUX jetzt eine dreidimensionale Donut-Intensitäts-Nullstelle, um Molekülverteilungen auch in allen Raumrichtungen – also in 3D – molekular aufzulösen. Mit dem neuesten Versuchsaufbau können die Forscher noch dazu die Verteilung zweier unterschiedlich markierter Molekülarten zeitgleich beobachten. „MINFLUX ist nun bereit für zellbiologische Fragestellungen. Trotz der neuen, fundamentalen Weiterentwicklung besteht immer noch Potenzial, um MINFLUX weiter zu verbessern: Sowohl die Aufnahmezeit als auch störende Hintergrundsignale lassen sich in Zukunft weiter reduzieren, was die Methode noch weiter verbessern wird. Es wird kräftig weitergehen“, so die Max-Planck-Forscher.

Quelle: Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie

3-D Displays für Fahrzeuge

Digitale Anzeigen erobern die Fahrzeuginnenräume. Denn Fahrer und Passagiere wollen auch im Auto nicht auf das Anzeige- und Bedienerlebnis verzichten, dass sie von Smartphone, Fernseher und Co. kennen. Mehr noch: In den Cockpits der Zukunft übernehmen digitale Displays eine Schlüsselrolle für das Zusammenspiel von Fahrer und Fahrzeug. Bosch trägt diesem Trend mit seinen neuen 3D-Display-Produkten Rechnung. Diese erzeugen mithilfe passiver 3D-Technik einen real empfundenen dreidimensionalen Effekt. Dadurch lassen sich Informationen schneller erfassen als auf herkömmlichen Bildschirmen. „Fahrzeugdisplays wandeln sich von reinen Anzeige- in Interaktionssysteme, die verstärkt die individuellen Bedürfnisse des Fahrers antizipieren“, sagt Dr. Steffen Berns, Vorsitzender des Bereichsvorstandes von Bosch Car Multimedia. „Für Bosch birgt das wirtschaftlich enormes Potenzial.“ Prognosen zeigen, dass der weltweite Fahrzeugdisplay-Markt bis 2025 von 15 Milliarden US-Dollar (13,4 Milliarden Euro) auf 30 Milliarden US-Dollar (26,7 Milliarden Euro) wächst (Quelle: Global Market Insights). Egal ob gebogen, mit organischen LEDs (OLED) oder frei konfigurierbar – Bosch setzt bei Fahrzeugdisplays regelmäßig Maßstäbe.

3D-Effekt im Cockpit

3D-Displays sind der neueste Trend im Fahrzeugcockpit. Auf der Kinoleinwand dient der räumliche Effekt in erster Linie dazu, den Unterhaltungswert eines Films zu steigern. Anders im Fahrzeug: „Durch die Tiefenwirkung der Anzeige erfassen Autofahrer wichtige Informationen – etwa von Assistenzsystemen oder eine Staumeldung – schneller“, sagt Berns. „Warnhinweise, die aus dem Display herauszuwachsen scheinen, springen einem geradezu ins Auge.“ Beim Einparken entsteht auch ein realistischeres Bild der Rückfahrkamera, Hindernisse im Fahrweg lassen sich früher erkennen. Dadurch können Fahrer noch besser einschätzen, wie viel Platz beispielsweise noch zwischen Stoßstange und Tiefgaragenwand bleibt. Beim Navigieren durch tiefe Häuserschluchten von Großstädten spielt der 3D-Effekt ebenfalls eine entscheidende Rolle: Dank der räumlichen Darstellung der

Karte ist auf den ersten Blick ersichtlich, hinter welchem Gebäude der nächste Abzweig liegt. Für sein 3D-Display setzt Bosch eine passive 3D-Technik ein. Sie kommt ganz ohne Zusatztechniken wie Eyetracking oder 3D-Brille aus.

Innovativ und interaktiv

90 Prozent aller Sinneseindrücke nehmen Menschen über die Augen wahr. Doch im Autodisplay Informationen nur anzuzeigen war gestern. Künftig geht es vielmehr um die Interaktion von Nutzer und Bildschirm. Bosch hat daher alle Arten der Anwendung im Portfolio – von klein und flach über groß und gebogen bis zu teilweise ungewöhnlichen Formen, etwa mit „abgeschnittenen“ Ecken oder rund. Hinzu kommen Möglichkeiten, mit der Technik über Sprache, per Berührung – mit oder ohne haptischem Feedback – zu interagieren. „Bosch entwickelt für jeden Kunden das passende Infotainment“, erklärt Berns. Gerade wenn sich Autofahrer künftig per Autopilot fahren lassen, kommt dem Human-Machine-Interface (HMI) eine zentrale Bedeutung für das Miteinander von Auto und Fahrer zu.

Mehr Displays, die größer, bunter und intelligenter werden und sich per Sprache und „Touch“ bedienen lassen, erfordern auch immer mehr Rechenleistung. Das würde eine Vielzahl an zusätzlichen Steuergeräten bedeuten. Schon heute regeln bis zu 15 Recheneinheiten im Hintergrund die Anzeige- und Bediensysteme. Bosch koordiniert das gesamte HMI mit einem Cockpit-Computer und bringt die Steuerung in einer zentralen Recheneinheit unter. „Wir bringen Intelligenz ins Cockpit“, sagt Berns. Weniger Steuergeräte bedeuten auch ein geringeres Gewicht, außerdem verkürzt sich die Entwicklungszeit von Fahrzeugen. Und dank Updates Over-the-Air bleibt das Infotainment so einfach wie beim Smartphone immer auf dem neuesten Stand.

Für Fahrzeugdisplays gelten hohe Sicherheitsstandards. Gerade in Bezug auf Temperaturschwankungen und Erschütterungen liegen die Hürden weitaus höher als für Geräte der Konsumelektronik. Autodisplays müssen beispielsweise von minus 40 Grad Celsius bis plus 120 Grad Celsius einwandfrei funktionieren – ein ganzes Fahrzeugleben lang. Selbst bei einem teilweisen Systemausfall müssen sich Fahrer jederzeit auf ein Mindestmaß an wichtigen Informationen verlassen können. Bosch-Bediensysteme durchlaufen in der Entwicklung aufwendige Prozesse, die sie fit fürs Fahrzeug machen.

Seit den 1980er-Jahren setzt das Unternehmen immer wieder Maßstäbe für Anzeigeinstrumente im Auto – beispielsweise mit einer der weltweit ersten Digitalanzeigen im Cockpit des Audi Quattro. Ebenfalls dank Bosch gingen das erste frei programmierbare Display vor rund fünf Jahren im Audi TT und das weltweit erste gebogene Kombiinstrument im Innovision Cockpit des aktuellen VW Touareg in Serie. Darüber hinaus bringt das Unternehmen seine digitalen Innovationen auch in Anzeigeninstrumente für Motorräder und eBikes.

Presseinformation Bosch, August 2019

Neue Fertigung von FAC-Linsen für Laseroptiken

Die LIMO GmbH, Hersteller hochpräziser Mikrooptiken für Lasersysteme, hat bei der Herstellung von FAC-Linsen für alle Arten von diodengepumpten Laserquellen einen verfahrenstechnischen Durchbruch erzielt. Dem Unternehmen aus Dortmund ist es gelungen, die Fertigung der Linsen in höchster Präzision massentauglich zu machen.

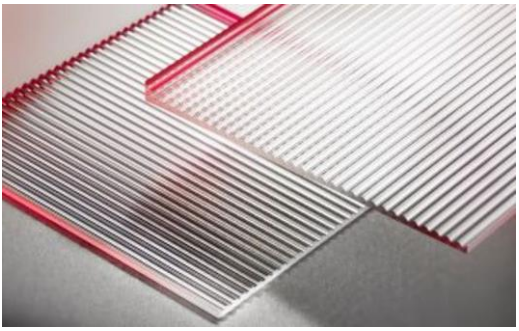
FAC-Linsen für Lasersysteme sind eine zentrale Komponente für viele innovative Technologien. Sie werden bereits in der Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik, Photovoltaik, Displayfertigung und der Materialbearbeitung eingesetzt. Die zu erwartenden Stückzahlen werden durch die Verwendung in der additiven Fertigung (3D-Druck) und für LIDAR-Systeme (Laserbasierendes „Light Detection and Ranging“) nochmals erheblich steigen. Die LIDAR-Systeme zum autonomen Fahren sind eine besonders sicherheitsrelevante Komponente und werden zudem in einer rauen Umgebung eingesetzt. Sie erfordern neben einer hohen Qualität auch einen sicheren und langzeitstabilen Betrieb. Diese Anforderungen können ausschließlich von Lasersystemen mit High-End-Glasmikrooptiken erfüllt werden.

Die wichtigste Komponente für die Qualität der Systeme ist die "Fast-Axis-Kollimator"-Linse (FAC-Linse). Die Linse wird aus hochwertigem Glas hergestellt und hat eine azylindrische Oberfläche. Die zur Zeit verfügbaren Herstellungsverfahren müssen allerdings noch beweisen, dass sie für die Größenordnung von mehreren 10 oder 100 Millionen Stück in gleichbleibend hoher optischer Qualität zu attraktiven Preisen fertigen können. LIMO ist es jetzt gelungen, das Verfahren zur Herstellung der FAC-Linsen in der geforderten Qualität großserientauglich zu machen.

140-mm-Wafer für die Fertigung von FAC-Linsen

Die LIMO GmbH produziert die FAC-Linsen auf Wafer-Basis, sodass mehrere Tausend Linsen aus hochwertigen Gläsern in einem Schritt gefertigt werden. Die Herausforderungen bei der Massenfertigung von sehr komplexen Glasoptiken liegen in der Verarbeitung großer Wafer-Flächen bei unverändert hoher Präzision. Der Dortmunder Hersteller hat mit einer Wafer-Größe von 140 mm x 140 mm jetzt den Durchbruch für ein Verfahren mit sehr großen Stückzahlen erreicht. LIMO hat nach eigenen Angaben die nächstgrößere Wafer-Generation bereits in der Vorbereitung.

Bei den bisher üblichen Glasmolding-Pressverfahren werden die Glaslinsen bei hohen Temperaturen von ca. 600-800° C verarbeitet. Für eine hohe optische Güte der Linsen dürfen die Gläser allerdings nur langsam erhitzt und abgekühlt werden. Insbesondere der Kühlprozess muss präzise eingestellt werden, um unerwünschte Spannungen im Material zu verhindern. Außerdem treten bei größeren Glasflächen beim Erwärmen Temperaturschwankungen auf, die nur mit höchstem prozesstechnischen Aufwand minimiert werden können. Durch diese Einschränkungen hat das „heiße“ Herstellungsverfahren bei Großserien etliche Nachteile und ist nur bedingt skalierbar.



(Bildquelle: LIMO)

LIMO ist weltweit der einzige Hersteller, der FAC-Linsen aus Glas auf Wafern von 140mm x 140mm produzieren kann.

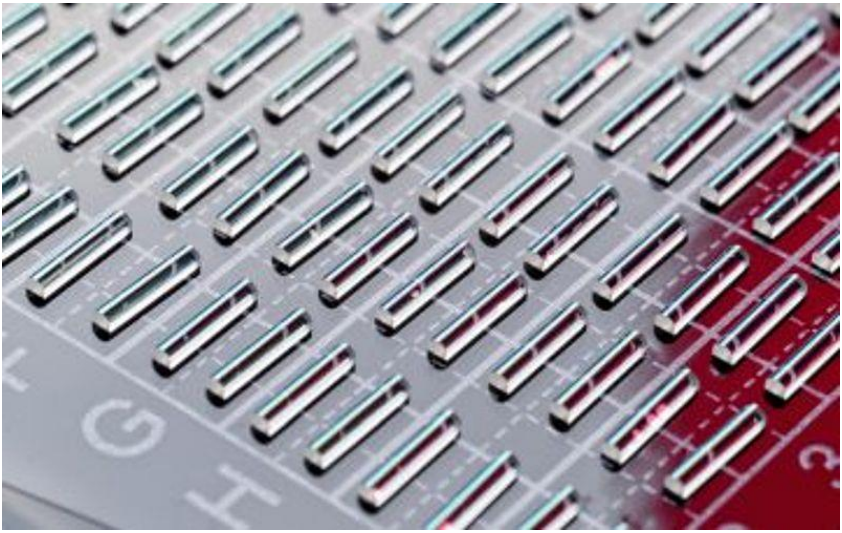
Das Besondere an dem LIMO-Verfahren ist die Herstellung der Glaslinsen bei Raumtemperatur. Das Unternehmen konnte die Wafer-Größe erhöhen und gleichzeitig die Zykluszeit pro Wafer auf unter 60 Minuten senken. Der Vorteil des „kalten“ Verfahrens: Durch die Verarbeitung der Gläser bei Raumtemperatur ist eine höhere Fertigungsgeschwindigkeit für die Qualität der Linsen unkritisch. LIMO ist weltweit der einzige Hersteller, der dieses Verfahren in der Großserienproduktion beherrscht.

„Wir sind in der Lage, 140 mm große und noch größere Wafer-Glasscheiben spannungsfrei in Großserien zu verarbeiten. Dafür stellen wir alle Werkzeuge und fast alle Maschinen für den Fertigungsprozess selbst her. So erreichen wir eine maximale Flexibilität bei den Geometrien und beim Design der Linsen. Für die extrem hohe Qualität der Linsen in der Großserienproduktion haben wir einen eigenen automatisierten Hochpräzisions-Fertigungsprozess entwickelt. Diese Art der Herstellung ist weltweit einmalig“, berichtet Dirk Hauschild, Chief Marketing Officer (CMO) bei der LIMO GmbH.

Mit dem von LIMO entwickelten Produktionsverfahren für Arrays von Zylinderlinsen werden bei einer Wafer-Kantenlänge von 140 mm in einem Durchgang bis zu 20 Tausend Linsen gleichzeitig verarbeitet. Das Verfahren ermöglicht die freie Auswahl von refraktiven azylindrischen Linsenformen, das können sowohl symmetrische und asymmetrische als auch wellenförmige oder nicht-periodische optische Elemente sein.

Dabei müssen in einem Fertigungsschritt bis zu mehrere Millimeter der Glasoberfläche mit einer Genauigkeit von wenigen Nanometern abgetragen werden. Zusätzlich werden die Linsen in einem abschließenden Prozess nochmals endpoliert. Die hochwertige Oberflächenqualität wird durch eine flächige Politur erreicht. Durch diese Politur werden die Glasoberflächen nochmals langlebiger und stabiler. Mit dem Hochpräzisions-Fertigungsprozess erreicht LIMO für die FAC-Linsen Leistungskennwerte an der Grenze der physikalischen Machbarkeit (s. Infokasten unten).

Die Verarbeitung der 140-mm-Glas-Wafer erfolgt im 24/7-Betrieb. Dafür wurde der Maschinenpark auf das größere Format umgerüstet und die Fertigungskapazität erhöht. Schon jetzt können pro Jahr bis zu 3 Mio. FAC-Linsen gefertigt werden, das Ziel für 2019 ist die Herstellung von über 5 Mio. FAC-Linsen. Die Kapazität soll bis zum Jahr 2020 nochmals auf über 10 Mio. Linsen pro Jahr erhöht werden. „Durch die Verarbeitung der Glas-Wafer bei Raumtemperatur ist der Fertigungsprozess gut beherrschbar und wir können die hohe Qualität zuverlässig garantieren. Die Kapazität werden wir nach Bedarf weiter erhöhen“, fasst Dirk Bogs, Chief Operating Officer (COO) den erreichten Fertigungsstandard zusammen.



"Fast-Axis-Kollimator"-Linsen (FAC-Linsen) werden hauptsächlich für Single Emitter Dioden eingesetzt. Die Linsen sind auf eine kleine Strahlbreite (Kollimationsbreite) designt und damit optimiert für die Materialbearbeitung und für Pumpanwendungen von Diodenlasern.

(Bildquelle: LIMO)

Die FAC-Linsen von LIMO wie die FAC 300 erreichen Leistungswerte an der Grenze zur physikalischen Machbarkeit:

•Standard-Brennweite von ≤160µm bis 3000µm

•Beschichtung (VIS bis FIR) mit geringer Absorption

•geringe Restdivergenz mit hohem Leistungseinschluss

•Hochbrechungsindex-Materialien (> 1,8)

•Transmission > 99% über ein breites Spektrum (z.B. 770-1070 nm)

Pressemitteilung LIMO GmbH, Dortmund

Neuer Weitwinkel-Diffusor für LiDAR und 3D-Sensoren

LiDAR-Sensoren haben sich in kürzester Zeit zur Schlüsseltechnologie für automatisierte Prozesse und insbesondere für das vollautomatisierte autonome Fahren entwickelt. Um die Abstände von der statischen und dynamischen Umgebung der Fahrzeuge hochpräzise erfassen zu können, muss der Laserstrahl in ein Lichtfeld mit einem definierten Sichtfeld geformt werden. Der neue Weitwinkel-Diffusor von LIMO erreicht durch seine hot spot freie Strahlformung eine konstante Leistung auch bei extremen Betriebstemperaturen und ermöglicht es durch sein großes Beleuchtungsfeld den 360-Grad-Rundumblick für ein sicheres Fahren mit nur vier LiDAR-Systemen vollständig abzudecken.

Die Entwicklung eines hochmodernen LiDAR-Systems erfordert mehr als die sorgfältige Auswahl einer geeigneten Laserquelle und eines kompatiblen Detektors. Die kritischsten Komponenten sind die Optiken, die das Laserlicht in die richtige Richtung formen. Darüber hinaus ist ein sicherer und zuverlässiger Betrieb des LiDAR-Systems nur möglich, wenn die Verletzungsgefahr durch die Laserphotonen beseitigt ist, was eine Strahlausbreitung ohne hot spots erfordert.

Hierfür ist eine gleichbleibende Intensitätsverteilung der Laserstrahlung selbst bei hohen Umgebungstemperaturen notwendig. Der Einsatz von diffraktiven streuenden optischen Komponenten (DOE) eignet sich bisher nur bei kleinen Winkeln und moderaten Umgebungsbedingungen. Zudem besitzen die Optiken meist eine zum Rand flach abfallende Intensitätsverteilung.

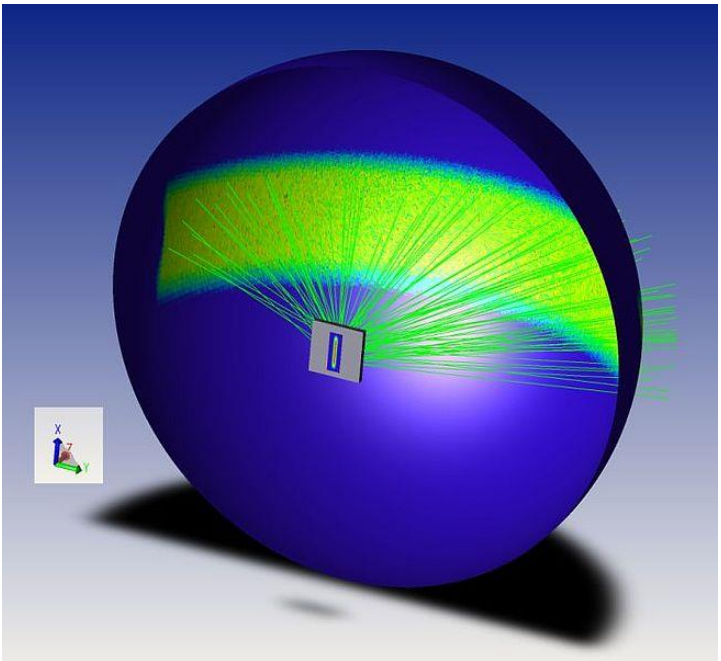


Bild 1. Homogenes Intensitätsprofil im Winkelraum mit hoher Flankengüte. Damit ergibt sich eine hohe Effizienz, um jedes erzeugte Photon sinnvoll zu nutzen und Streustrahlung zu vermeiden. (Bildquelle: LIMO)

Bei der LIMO-Diffusor-Technologie wird ein anderer Ansatz verwendet: Ähnlich wie bei einer Homogenisierungsoptik konstruiert LIMO refraktive optische Elemente aus Glas, die das Laserlicht in eine Richtung bis zu einem vollen Beleuchtungswinkel von wenigen mrad bis über 100 Grad streuen können. Kombiniert mit einer zweiten Funktionsfläche kann das Licht auch in der anderen Richtung in einem beliebigen Winkel geformt werden, um so ein rechteckiges Feld mit einer hohen Flankensteilheit und einer benutzerdefinierten Größe von beispielsweise 120 Grad x 25 Grad zu erhalten.

„Wir können den Zielbereich durch die unterschiedlichen Winkel präzise und gleichförmig ausleuchten und dazu sorgt eine für die

Kundenanwendung definierte Oberflächenstruktur für eine gleichbleibende Intensitätsverteilung bei der jeweiligen Anwendung“, erläutert Dr. Daniel Braam, Product Line Manager Optics bei LIMO. „Das ist vorteilhaft für die Rauschunterdrückung und erhöht das Signal-zu-Rausch-Verhältnis, wodurch die Reichweite der LiDAR-Sensoren erhöht wird. Durch den großen Beleuchtungswinkel des neuen Diffusors von über 100 Grad muss ein autonom fahrendes Auto zudem nur mit vier LiDAR-Systemen ausgerüstet werden, um die komplette räumliche Umgebung zu erfassen.“

Die LIMO-Diffusoren können mit allen Arten von Laserquellen mit niedriger und hoher Leistung kombiniert werden, auch im Bereich $1{,}4 < M^2 < 15$, also in einem Bereich, in dem der Laserstrahl schwierig zu homogenisieren ist.

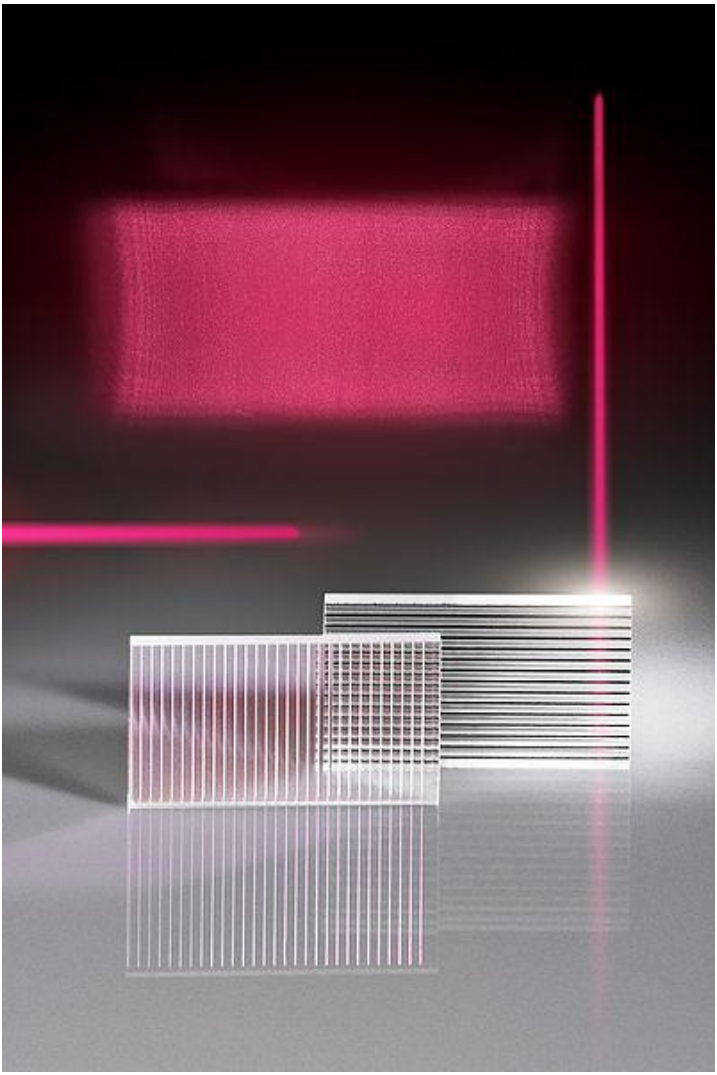


Bild 2. Neue LIMO-Diffusor-Technologie: Die beiden Diffusoren erzeugen jeweils eine vertikale bzw. eine horizontale Linie. Durch die Überlagerung der beiden Funktionsflächen wird das Laserlicht in ein rechteckiges Feld mit hoher Flankensteilheit und einer benutzerdefinierten Größe von z.B. 120 Grad x 25 Grad geformt. (Bildquelle: LIMO)

Die Diffusoren können genauso wie andere Mikrooptiken von LIMO in einem neuartigen und hochproduktiven Verarbeitungsverfahren auf Wafer-Basis hergestellt werden. LIMO fertigt hochwertige Laseroptiken aus Glas auf Wafern bis zu 300 mm x 300 mm und kann daher die Produktionskosten bei Großserien nachhaltig senken, ohne Kompromisse bei der Qualität eingehen zu müssen. Da LiDAR-Systeme und 3D-Sensoren eine besonders sicherheitsrelevante Komponente beim autonomen Fahren darstellen und für diese Anwendung große Stückzahlen benötigt werden, sind Qualität und Kostenstruktur der Optiken relevante Faktoren für den Durchbruch dieser Technologie.

Presseinformation LIMO GmbH, Dortmund

eROSITA - Die Jagd nach der Dunklen Energie

eROSITA (extended Roentgen Survey with an Imaging Telescope Array) ist das Hauptinstrument des russisch-deutschen "Spektrum-Röntgen-Gamma" (SRG) Satelliten, welcher am 13.07.2019 von Baikonur aus gestartet wurde. Es ist das bisher größte deutsch-russisches Raumfahrtprojekt. Zweite Nutzlast ist das russische Teleskop ART-XC. Dieses wurde vom Space Research Institute in Moskau entwickelt. Eine Proton-Rakete brachte die Sonde dann zum Lagrangepunkt L2 des Sonne-Erde-Systems, von wo aus eROSITA sieben Jahre lang die Beobachtungen durchführt. Ziel der eROSITA Mission ist es, mit bisher unerreichter spektraler und räumlicher Auflösung die erste vollständige Himmelsdurchmusterung im mittleren Röntgenbereich bis 10 keV durchzuführen. Vom 17. bis zum 19. Oktober 2019 hat das deutsche Röntgenteleskop eROSITA sein sogenanntes First Light aufgenommen.

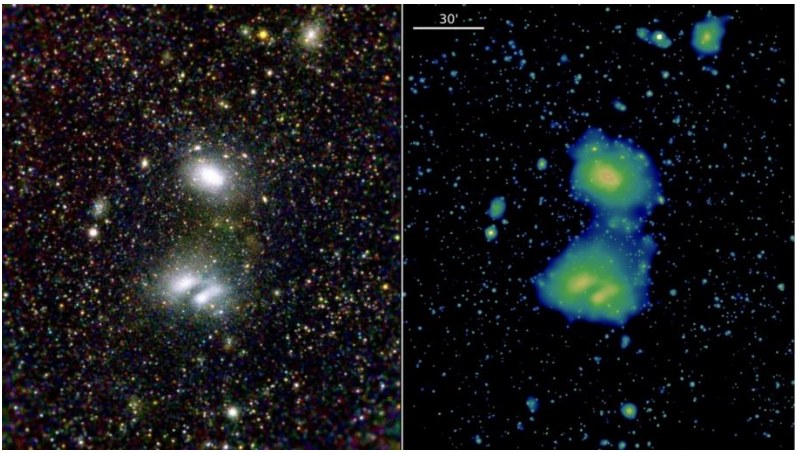


Bild 1. © T. Reiprich (Univ. Bonn), M. Ramos-Ceja (MPE), F. Pacaud (Univ. Bonn), D. Eckert (Univ. Geneva), J. Sanders (MPE), N. Ota (Univ. Bonn), E. Bulbul (MPE), V. Ghirardini (MPE), MPE/IKI Diese beiden eROSITA-Bilder zeigen die beiden interagierenden Galaxienhaufen A3391 und A3395. Sie wurden am 17. und 18. Oktober 2019 beobachtet.

Eine der faszinierendsten Fragen der Astronomie und Physik ist die nach der Natur der mysteriösen Dunklen Energie, welche das Universum auseinandertreibt. Dabei könnte es sich um die Vakuumenergie handeln, welche der Kosmologischen Konstante in Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie entspricht, es könnte aber auch ein zeitvariables Energiefeld sein. Die Lösung dieser Frage könnte eine fundamentale Revolution der Physik mit sich bringen.

Galaxienhaufen sind die größten kollabierten Objekte im Universum. Ihre Entstehung und Entwicklung ist durch die Gravitation (i.e. Dunkle Materie) dominiert, während ihre großräumige Verteilung und Anzahldichte von der Geometrie des Universums abhängt (i.e. Dunkle Energie). Röntgenbeobachtungen von Galaxienhaufen erlauben Einblicke in die Expansionsrate des Universums, den Anteil der sichtbaren Materie und die Amplitude der primordialen Fluktuationen, welche der Ursprung der Galaxienhaufen und der gesamten Struktur im Universum sind.

Die wissenschaftlichen Hauptziele sind:

•die Beobachtung des heißen intergalaktischen Mediums von 50-100 Tausend Galaxienhaufen und Galaxiengruppen und des heißen Gases, welches sich in den Filamenten zwischen den Galaxienhaufen befindet, um die großräumigen Struktur des Universums zu kartographieren und deren Entwicklung zu studieren

•die systematische Untersuchung aller verdunkelten Schwarzen Löcher in nahen Galaxien und vieler neuer (bis zu 3 Millionen) weit entfernter aktiver galaktischer Kerne

•die detailierte Untersuchung der Physik von Röntgenquellen in unserer Galaxie, wie z.B. Supernovaüberreste, Rötgendoppelsternsysteme und Vorhauptreihensterne

Das eROSITA Teleskop besteht aus sieben identischen Wolter-1 Spiegelmodulden. Um die geforderte Sensitivität zu erreichen, enthält jedes Modul 54 ineinander verschachtelte Spiegelschalen. Auf Basis der sehr erfolgreichen XMM-Newton pn-CCD Technologie wurde ein neuartiges Detektorsystem am Max-Planck-Institut für extraterristische Physik entwickelt.

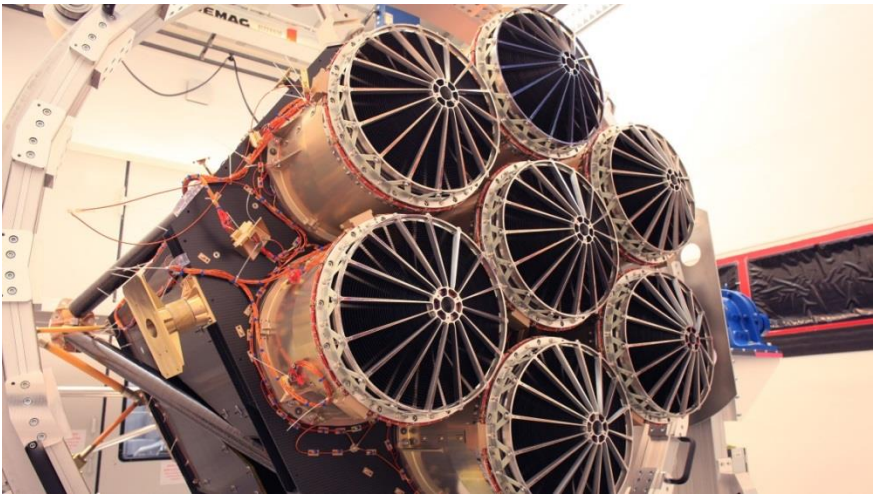


Bild 2. Die sieben eROSITA-Spiegelmodule

Seit dem Urknall dehnt sich das Universum aus. Eigentlich sollte diese Expansion durch die Schwerkraft der Materie verlangsamt werden. Doch angetrieben durch die Dunkle Energie beschleunigt sich die Ausdehnung sogar. Dabei ist das physikalische Phänomen "Dunkle Energie" weitgehend ungeklärt. Welche grundlegenden Kräfte stecken dahinter? War die Dunkle Energie früher stärker oder schwächer als sie es heute ist? Licht in das Dunkel soll das deutsche Röntgenteleskop eROSITA (extended Roentgen Survey with an Imaging Telescope Array) bringen, das unter der Federführung des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik in Garching gebaut wird.

Wie kann man die Dunkle Energie, die ja unsichtbar ist und sich nur auf riesigen Entfernungen bemerkbar macht, mit einem Röntgenteleskop erforschen? Der Schlüssel dazu sind Galaxienhaufen, Ansammlungen von bis zu mehreren Tausend Einzelgalaxien. Im Inneren dieser Galaxienhaufen befindet sich ein Gas, das so heiß ist, dass es Röntgenstrahlung aussendet und damit für eROSITA sichtbar wird.

Etwa 100.000 Galaxienhaufen sollen identifiziert und ihre Verteilung in Raum und Zeit - denn schließlich sehen wir diese Objekte aufgrund der endlichen Lichtgeschwindigkeit in der Vergangenheit - bestimmt werden. Diese Verteilung wurde geprägt durch die Stärke der Dunklen Energie, deren Eigenschaften sich nun daraus ableiten lassen. Der Vergleich mit der Gegenwart, also der Beobachtung nahe gelegener Haufen, erschließt die zeitliche Variation der Strukturen. Und so lässt sich beispielsweise klären, ob und wie sich der Anteil der Dunklen Energie an der Energiedichte im Universum, die sie heute mit cirka 70 Prozent dominiert, im Laufe der kosmischen Evolution geändert hat. Um die 100.000 Galaxienhaufen zu entdecken, wird eROSITA den gesamten Himmel mehrfach durchmustern und dabei auch zahlreiche andere Phänomene und Objekte, wie etwa aktive Kerne von Galaxien, Supernova-Überreste oder Röntgendoppelsterne beobachten.

Teleskop und Raumsonde

Das deutsche Teleskop setzt sich aus zwei Kernbestandteilen zusammen: seiner Optik und seinen Detektoren. Erstere besteht aus sieben parallel ausgerichteten Spiegelmodulen. Jedes Modul hat einen Durchmesser von 36 Zentimetern und besteht aus 54 ineinander geschachtelten Spiegelschalen, deren Oberfläche aus einem Paraboloid und einem Hyperboloid (Wolter-I-Optik) zusammengesetzt ist. "Die Spiegelmodule sammeln hochenergetische Photonen und leiten diese an die CCD-Röntgenkameras weiter, die speziell für eROSITA in unserem Halbleiterlabor in Garching entwickelt wurden. Sie bilden den zweiten Kernbestandteil von eROSITA und sitzen im Brennpunkt jedes Spiegelsystems. Diese hochempfindlichen Kameras sind die besten ihrer Art und bilden gemeinsam mit den Spiegelmodulen ein Röntgenteleskop, dessen Kombination aus Lichtsammelfläche und Gesichtsfeld unerreicht ist", erklärt Dr. Peter Predehl, eROSITA-Projektleiter beim Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik.

An der Entwicklung und wissenschaftlichen Betreuung des Teleskops beteiligen sich neben dem Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik auch die Universitäten Tübingen, Erlangen-Nürnberg und Hamburg und das Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam.

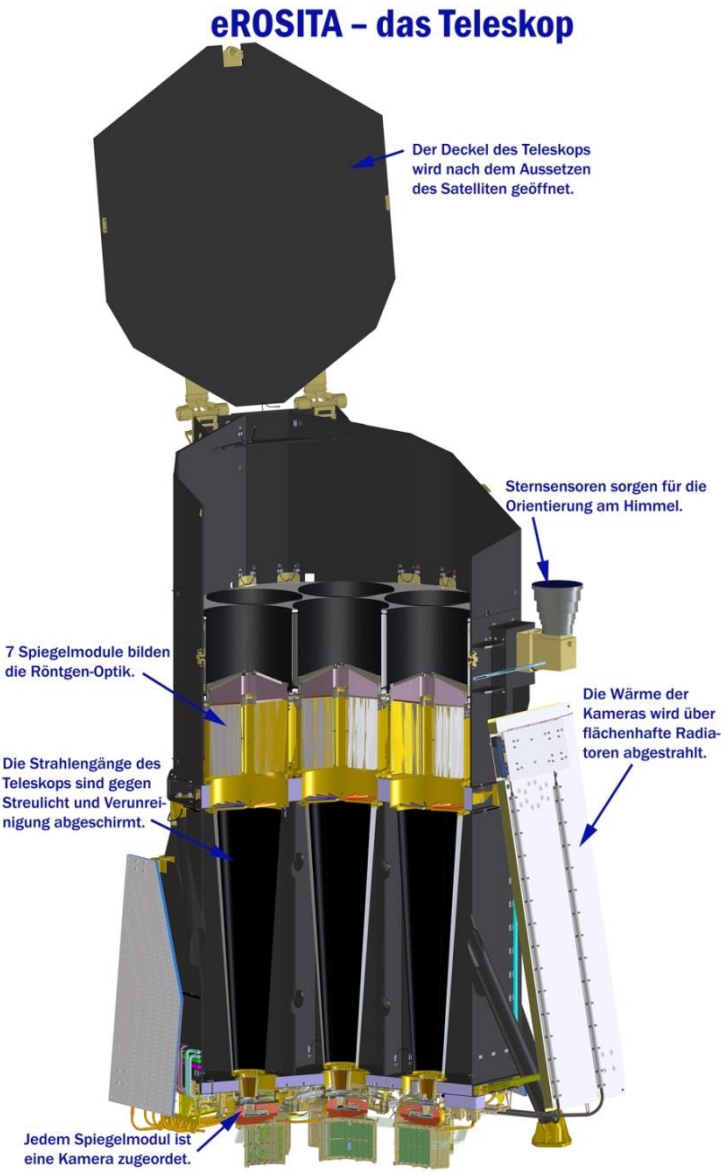


Bild 3. Schematische Darstellung des eROSITA-Telekops

Die Daten des Röntgenteleskops

Optik: 7 Spiegelmodule, jedes mit 36 Zentimetern Durchmesser und aus 54 ineinander geschachtelten Spiegelschalen bestehend, deren Oberfläche aus einem Paraboloid und einem Hyperboloid (Wolter-I-Optik) zusammengesetzt ist

Brennweite: 1,6 Meter

Detektor: CCD-Kamera, Kernstück ist ein Silizium-"Frame Store pnCCD",Bildfläche circa 3 x 3 Zentimeter, zusammengesetzt aus 384 x 384 Pixeln mit je 75 Mikrometern Größe,Zeitauflösung 50 Millisekunden, Betriebstemperatur -90°C

Gesichtsfeld: 1° Durchmesser

Spektralbereich: 0,2 - 12 keV (Kiloelektronenvolt)

Abmessungen: circa 3,0 Meter lang (mit geöffnetem Deckel 4,5 Meter)

Masse: 809 Kilogramm

Nach umfangreichen Tests zur Inbetriebnahme, Kalibrierung und Leistungsüberprüfung seiner beiden Röntgenteleskope (ART-XC und eROSITA) begann die Raumsonde am 8. Dezember mit der Beobachtung des Himmels im kontinuierlichen Scan-Modus. Da SRG der Umkreisung der Erde und damit auch des L2-Punktes um die Sonne folgt, wird sie in den nächsten 4 Jahren acht vollständige Messungen des gesamten Himmels durchführen: alle sechs Monate eine Himmelsdurchmusterung. Vorhersagen deuten darauf hin, dass eROSITA im Laufe dieser Zeit neben den 100.000 Galaxienhaufen 3 Millionen akkretierende supermassereiche Schwarze Löcher und eine halbe Million aktive Sterne entdecken sollte.

Pressemitteilungen: MPE, DLR 2019

Fachtagungen und Kongresse 2020

W3+FAIR – Netzwerk-Messe der Branchen Optik, Elektronik und Mechanik

26. und 27. Februar 2020, Rittal Arena, Wetzlar
23. und 24. September 2020, Rheintal, Messe Dornbirn

OPTA 2020

13. – 15. März 2020 Exhibition Center Brünn, CZ
Internationale Messe für Augenoptik, Optometrie und Ophthalmologie

LASER World of PHOTONICS CHINA

18. – 20. März 2020 Shanghei, China

AKL – International Laser Technology Congress

06. – 08. Mai 2020 Fraunhofer ILT, Aachen

SPIE Photonics Europe

Fachmesse für Photonik

29.März – 02. April 2020, Strasbourg France

Hannover-Messe 2020

20. – 24. April 2020 Industriemesse mit den Leitmessen Industrial Automation, Energy, Digital Factory, Industrial Supply, Research & Technology

34. CONTROL

05. – 07. Mai 2020 Landesmesse Stuttgart
Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung

15. Optatec

Internationale Fachmesse optischer Technologien, Komponenten und Systeme
12. – 14. Mai 2020 Messezentrum Frankfurt/Main

121. Jahrestagung der DgaO

02. – 06. Juni 2020 an der Universität Bremen

LASYS 2020

Internationale Fachmesse für Laser-Materialbearbeitung
16. – 18. Juni 2020 Messe Stuttgart

Sensor + Test 2020

23. – 26. Juni 2020 Messe Nürnberg
Internationale Fachmesse für Sensorik, Mess-und Prüftechnik

Intersolar Europe 2020

17. – 19. Juni 2020 Neue Messe München
Weltweit führende Fachmesse für die Solarwirtschaft

IFA 2020

04. – 09. September 2020 Messegelände Berlin
Internationale Funkausstellung – weltweit größte Messe für Consumer Electronics und Home Appliance

Photokina 2020

Messe für Foto, Video und Imaging
27. – 30. Mai 2020 Messe Köln

Vision 2020

Weltleitmesse für Bildverarbeitung
10. – 12. November 2020 Messe Stuttgart

SPIE Photonics West 2020

Internationale Fachmesse für Laser und Photonik mit BiOS, Transnational Research, LASE, OPTO, Green Photonics, 3D-Printing

Februar 2021, Moscone Center, San Francisco, US