

---

# **Informationen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Technik**

# Die Entwicklung der Photonik-Branche im Überblick

In 2017 konnten die über 1.000 deutschen Unternehmen der optischen Industrie ihren Umsatz um zwölf Prozent auf über 34,8 Milliarden Euro steigern. Der Erfolg dieser Industrie spiegelt sich auch bei den Beschäftigtenzahlen wieder. Diese konnten in 2017 mehr als fünf Prozent auf zirka 130.000 Beschäftigte gesteigert werden.

Der starke Branchenzuwachs resultiert aus dem dynamischen Auslandsgeschäft: Im abgelaufenen Jahr konnte der Auslandsumsatz um fast 14,7 Prozent auf fast 243,96 Milliarden Euro gesteigert werden. Die meisten Exporte gingen dabei in die Länder der Europäischen Union (46 Prozent), gefolgt von Asien (25 Prozent) und Nordamerika (13 Prozent). Mit einer Exportquote von rund 70 Prozent zeigen die deutschen Photonik-Firmen, dass sie international ausgerichtet sind und den Weltmarkt im Blick haben. Die deutsche Photonik-Branche trägt wesentlich zur europäischen Photonik-Produktion bei.

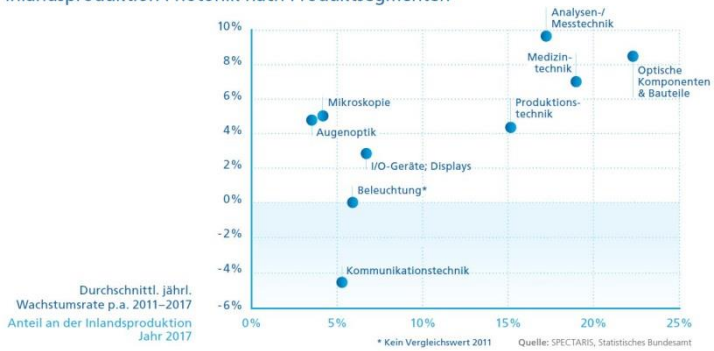
Mit 41 Prozent des Umsatzvolumens in Europa leistet die deutsche Photonik-Branche in etwa so viel bei wie die folgenden vier Länder Niederlande, Frankreich, Großbritannien und Italien zusammen. Gliedert man den Photonik-Markt nach Anwendungsbereichen, dann spielen für Deutschland die Bereiche Analysen- und Messtechnik, Medizintechnik, Produktionstechnik und optische Komponenten & Bauteile die größte Rolle. Diese vier Felder machen zusammen fast drei Viertel des Gesamtumsatzes der deutschen Photonikbranche aus.

Die deutsche Photonikindustrie in Zahlen



Quelle: 2016 Optech Consulting, 2017 ff. SPECTARIS Hochrechnung

Inlandsproduktion Photonik nach Produktsegmenten



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

## 14.Optatec

Komponenten und Internationale Fachmesse für optische Technologien, Systeme 15. – 17. Mai 2018, Messegelände Frankfurt a.M.

Optatec zeigt Innovationspotenzial der Wachstumsbranche  
Optische Technologien stehen immer mehr im Fokus der Öffentlichkeit. Wo bisher Wissenschaftler und Technologie-Insider forschten, sind Optische Technologien heute serienfähig, markt- und massentauglich. Weltneuheiten und Innovationen brachte die Optatec – Internationale Fachmesse für Optische Technologien, Komponenten und Systeme im internationalen Frankfurter Messezentrum vom 15. bis 17. Mai 2018 zusammen.

Optische Technologien kommen heute in der industriellen Bildverarbeitung und beim Daten- oder Energietransfer zum Einsatz. Auch Anwendungen in den Bereichen Solarsysteme, Photovoltaik, Photonik und Optoelektronik wurden auf der Fachveranstaltung mit ihren neuesten Entwicklungen gezeigt. Die auf der Optatec präsentierte High-End-Lasertechnik ist nicht mehr nur in der industriellen Fertigung ein präzises Mittel der Wahl. Auch bei minimalinvasiven Untersuchungs- und Operationsmethoden werden die gebündelten Lichtstrahlen erfolgreich eingesetzt. Hoch innovative 3D-Printing-Systeme, wie sie in Frankfurt ebenfalls gezeigt wurden, basieren auf dem gezielten Einsatz Optischer Technologien.

Erfolgreiche Branche, großer Andrang, hohe Internationalität  
Bettina Schall, Geschäftsführerin des Messeunternehmens Schall und Veranstalterin der global bedeutenden Leitmesse Optatec erwartete 2018 knapp 6000 Besucher aus 55 Nationen. Bereits wenige Monate nach der Optatec 2016 hatten zwei Drittel aller Aussteller erneut zugesagt. Die teilnehmenden Firmen der vollkommen ausgebuchten Veranstaltung stammen aus 30 Ländern.

Zahlreiche Workshops und Vorträge, bei denen Aussteller von ihren Erfahrungen berichten sorgten für einen optimalen Transfer

Optischer Technologien in die tägliche Arbeit. Auch die Bereiche Personal Recruiting und Ausbildung/Weiterbildung kommen auf der Optatec nicht zu kurz. Der Technologiepark Bildung & Forschung „Photonik Studieren“ war von fünf überaus engagierten deutschen Hochschulen für Schüler und Studenten ausgerichtet. Für Fachbesucher interessant war außerdem der Workshop zu DIN ISO 10110-7 und DIN ISO 14997: „Oberflächenunvollkommenheiten: Prüfverfahren und Angaben auf Zeichnungen“. Und schließlich bot die Branchenorganisation „Optence“ eine Einführung in das komplexe Thema Oberflächenbeschichtung.

### Best Practices auf der Optatec

Ein weiteres Highlight bildete die von SPIE Europe veranstaltete Optical Systems Design Conference, die begleitend zur Messe stattfand. Hier traf sich alles, was rund um Optische Technologien Rang und Namen hat und richtete sich an Techniker, Ingenieure, Wissenschaftler und Manager im Bereich der optischen Systeme. „Bereits die Anmeldezahlen für die Vorträge ließen darauf schließen, dass wir die Besucherzahlen der vergangenen Jahre erreichen bzw. überschreiten werden“, sagte die Kongressverantwortliche bei SPIE Europe, Karin Burger. Die Kooperation mit der bedeutenden Fachmesse Optatec sei inspirierend und gewinnbringend für Aussteller wie Besucher. Weitere Vorteile sah die SPIE-Mitarbeiterin in den kurzen Wegen, dem direkten Kontakt zwischen Experten und Ausstellern sowie in der Möglichkeit, eventuelle Zusammenarbeit diskutieren zu können.

Die seit 14 Veranstaltungen erfolgreiche Messe rund um das breite Einsatzspektrum Optischer Technologien bildet genau dies ab. Photonik, Biophotonik, Photovoltaik, Solar-, Laser-, Medizin-, Oberflächen- sowie Prüftechnik, Bildverarbeitungs- und Visionssysteme, die Materialbearbeitung und die generative 3D-Fertigung – alle optischen Technologien, Komponenten und Systeme für unterschiedlichste Anwendungsgebiete haben ihren Platz im Frankfurter Messezentrum.

[www.Optatec-Messe.de](http://www.Optatec-Messe.de)

## photokina 2018

Schon im Vorfeld der photokina 2018 war die Aufregung deutlich spürbar. Die anstehenden Veränderungen der Veranstaltung bewegten Branche und Besucher, ebenso wie die Vorfreude auf eine Vielzahl von heiß erwarteten Produktneuheiten, darunter die Vorstellung neuer spiegelloser Voll- und Mittelformatkameras, eine große Bandbreite mobiler Anwendungen und der Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI) im gesamten Bilderstellungsprozess. In Verbindung mit einem herausragenden Workshop- und Eventprogramm auf allen Stages bestätigte die photokina einmal mehr ihren Status als Branchenleitmesse. 180.000 Besucher sorgten für eine energiegeladene Stimmung, viel Betrieb und gute Geschäfte an Ausstellerständen, Bühnen und Sonderflächen.

Die Neuausrichtung der photokina in aller Konsequenz bringt viele Veränderungen und Herausforderungen für Organisatoren, Aussteller und Besucher mit sich: Vier statt sechs Tage, zukünftig ein neuer Termin im Mai, ein jährlicher Turnus, eine neue Hallenbelegung, vor allem aber neue Themenbereiche und eine stärkere Erlebnisorientierung. Ziel ist es, zukünftig mit neuen Aussteller- und Besucherzielgruppen das nahezu unendliche Potential von Imaging-Technologien zu heben und die photokina somit in eine neue Ära zu führen.

Erste Resultate waren bei der photokina 2018 deutlich spürbar: Selten wurden in den Kernsegmenten ebenso wie im Bereich Mobile, Motion und Software so viele Neuerungen gezeigt, die dem Business für die nächsten Monate wichtige Impulse geben. Eventhighlights wie der Olympus Perspective Playground zeigen, dass die Verbindung von Erlebnis und Produktpräsentation insbesondere in der jüngeren Zielgruppe sehr gut angenommen wird. Damit wurde die angestrebte Balance zwischen Innovation und Inspiration, zwischen Business und Event optimal erreicht.

## Positive Signale für die Zukunft

„Das Feedback von Ausstellern und Besuchern ist durchweg positiv. An den Ständen freut man sich sowohl über die Frequenz wie auch die Qualität der Besucher. Die Besucher wiederum schätzen sehr, was sie hier erleben. Das bestätigt, dass wir mit der begonnenen Neuausrichtung absolut auf Kurs sind“, bestätigt Gerald Böse, Vorsitzender der Geschäftsführung der Koelnmesse GmbH, den positiven Gesamteindruck. „Einige Unternehmen haben bereits signalisiert, dass sie basierend auf dem Erlebnis in diesem Jahr in 2019 vergrößern, wiederkehren oder zum ersten Mal ausstellen möchten. Das betrifft insbesondere den Bereich Broadcast und Cine, in dem wir 2019 besonders viel Wachstum erwarten.“

Auch Rainer Führes, Vorsitzender des Photoindustrie-Verbandes, dem ideellen Träger der photokina, zeigte sich zuversichtlich: „Wir haben die innovativste photokina seit Langem erlebt, mit zahlreichen Neuheiten in allen Bereichen der Wertschöpfungskette. Die Branche hat hier in Köln einmal mehr gezeigt, dass mit ihr zu rechnen ist: Imaging-Technologien sind im Alltag und in allen Industriezweigen unverzichtbar geworden. Wir Hersteller bieten dafür die ganze Palette an Lösungen und Produkten. Vielen guten Gesprächen in dieser Woche entnehmen wir, dass wir als Branche und mit der Neuaufstellung der photokina auf dem richtigen Weg sind.“

Schon jetzt ist absehbar, dass auch die photokina 2019 mit vielen Neuheiten aufwarten wird. So wird beispielsweise eine neue strategische Allianz zwischen den Branchengrößen Panasonic, Leica und Sigma mit dem geplanten L-Mount System die Branche in den nächsten Monaten bis zur Vorstellung der ersten, marktreifen Produkte auf der photokina 2019 bewegen.



Das L-Bajonett definiert die mechanische und digitale Schnittstelle zwischen Kameragehäuse und Objektiv. Es soll eine beliebige Kombination der APS-C und Vollformatkameras von Leica, Panasonic und Sigma mit deren Objektivsortiment zulassen (Quelle: Leica)

---

### Bahnbrechende Neuheiten

In 2018 löste die Vorstellung neuer spiegelloser Voll- und Mittelformatkameras aus den Entwicklungsabteilungen von Fujifilm, Nikon und Canon Begeisterung aus. Sie setzen sowohl in Sachen Bildqualität als auch im Hinblick auf die Verschmelzung von Foto und Video neue Maßstäbe.



Spiegellose Vollformatkamera Z7 mit neu definiertem Z-Bajonett



Ein neues Level im Bereich Mobile erreicht auch Smartphone-Hersteller Huawei mit seinem neuesten Flaggschiff-Modell, das neben der bewährten Objektivtechnologie von Leica und drei Kameras auch dank KI hervorragende Bildergebnisse liefert.

Die Ergänzung von Imaging-Technologien durch Künstliche Intelligenz ist in allen Bereichen der Wertschöpfungskette angekommen. So zeigte Europas größtes Finishing-Unternehmen Cewe, wie Fotobücher per Sprachbefehl innerhalb von wenigen Sekunden am Smartphone erstellt und bestellt werden können. Die Bilderauswahl und das Layout übernimmt die KI.

Haptik spielte weiterhin eine große Rolle. Von bedruckten Erinnerungsstücken bis hin zu hochwertigen, großformatigen Drucken in Museumsqualität auf vielfältigen Materialien wurde eine riesige Bandbreite an Produkten präsentiert. Langjährige Aussteller wie HP und Epson freuten sich über das rege Interesse insbesondere an B2B-Lösungen und Profiprodukten. Über den anhaltenden Boom im Bereich Sofortbild freute sich insbesondere Fujifilm, deren Instax-Kameras inzwischen nicht nur sofort drucken, sondern auch die digitale Weiterverarbeitung der Bilder ermöglichen.

Deutlich verstärkt präsentierte sich der Bereich Bildbearbeitung und Software mit vielen Erstaustellern und Start-ups, die mit cleveren Lösungen Fotoprofis und Enthusiasten ebenso wie Grafikern und Illustratoren zukünftig das Leben erheblich erleichtern werden. Der Bewegtbildbereich in Halle 5.2 zeigte mit einem deutlichen Zugewinn vor allem im Bereich Audio, wohin das Segment sich auf der photokina zukünftig entwickeln soll. Schon 2019 werden hier durch den neuen Termin im Mai ein deutliches Ausstellerplus und viele Produktneuheiten erwartet. 2018 stellte Sennheiser, erstmals auf der photokina, das drahtlose Memory Mic für Smartphones vor, mit dem Journalisten und Content-Schaffende einfach und schnell Videos mit hochwertigem Ton produzieren können. HumanEyes präsentierte die erste Mini Virtual Reality Brille zur einfachen Anbringung am Smartphone.

### Erfolgreiche Eventflächen

Wie wichtig das Produkterlebnis ist, wurde auf dem Olympus Perspective Playground in Halle 1 deutlich. Die Besucher hatten sichtlich Spaß, sich eine Auszeit vom Trubel an den Messeständen zu nehmen und mit der Kamera die Fläche mit den Installationen von Morag Myerscough und Luke Morgan zu entdecken. Für viele Professionals war die WEDDING ZONE mit hochklassigem Vortragsprogramm ein Highlight ihres Besuchs. Im neugeschaffenen Imaging Lab traten Start-ups, Investoren und Wissenschaftler an, um zu zeigen und zu diskutieren, was in Zukunft möglich ist. Der Bereich soll in den kommenden Jahren weiter ausgebaut werden.

### Weltweite Kommunikationsplattform

Im Mittelpunkt ihres photokina-Besuchs stand für viele Besucher auch in diesem Jahr wieder der Austausch mit Gleichgesinnten und der Wunsch nach Inspiration. An den Stages der Koelnmesse und in den Vortragsbereichen der Aussteller herrschte dauerhaft Hochbetrieb. Auch viele junge Kreative, die international mit ihren Arbeiten bei Instagram oder YouTube erfolgreich sind, nutzten die diesjährige photokina zu intensivem Networking. Viele von ihnen folgen dem Instagram-Kanal der photokina, der seit Juni mit neuem Konzept seine Abonnentenzahlen mehr als verdoppelt hat. Das von Michael Schulz (@berlinstagram) kuratierte Projekt hat den Anspruch eines hochwertigen digitalen Fotomagazins und featured eben jene junge Kreative, die vielfach auf den Stages von Koelnmesse und als Brand Ambassadors bei Ausstellern auftraten. Ziel ist es, auch zwischen den Veranstaltungen den kreativen Austausch zu fördern, als internationale Kommunikationsplattform zu dienen und auch den Bedürfnissen eines jüngeren Publikums gerecht zu werden. Auch 2018 stieg der Anteil der Besucher unter 30 weiter an.

### Die photokina 2018 in Zahlen

An der photokina 2018 beteiligten sich 812 Unternehmen, davon 69% aus dem Ausland. Darunter befanden sich 167 Aussteller und 87 zusätzlich vertretene Firmen aus Deutschland sowie 362 Aussteller und 196 zusätzlich vertretende Unternehmen aus dem

Ausland. Schätzungen für den letzten Messetag einbezogen, kamen zur photokina 2018 rund 180.000 Besucher aus 127 Ländern.

Die photokina sollte ursprünglich ab 2019 im jährlichen Turnus beginnend im Mai 2019 stattfinden. Am 3. Dezember 2018 wurde jedoch bekanntgegeben, dass die nächste Messe auf Wunsch des Photoindustrie-Verbandes erst im Mai 2020 stattfinden wird. Als Grund wurde die u.a. die zu kurze Vorlaufzeit von nur sieben Monaten bis zur nächsten Messe angegeben.

Koelnmesse Gmbh

# ZEISS ZX1

Als Traditionsfirma im Kamerabau folgt ZEISS mit einer neuen Kamera einem innovativen Ansatz: Die Bildbearbeitung wird bereits in der Kamera vorgenommen, die Fotografie mit Aufnahme, Bildbearbeitung sowie Teilen und Sichern neu definiert.

**Shoot. Edit. Share. – Optik, Software und Konnektivität für einen nahtlosen kreativen Prozess**

**Shoot:** In der ZEISS ZX1 ist ein neu designtes 35 mm f/2 ZEISS Distagon Objektiv mit Autofokus verbaut, das mit einem eigens von ZEISS entwickelten 37,4-Megapixel-Vollformatsensor perfekt abgestimmt ist. Das Objektiv besitzt 8 Linsen, davon 2 beidseitig asphärisch. Das Zusammenspiel der Optik mit dem Sensor sorgt für erstklassige und ZEISS typische Bildergebnisse.

**Edit:** Die ZEISS ZX1 ermöglicht durch die volle Integration von Adobe Photoshop Lightroom CC das professionelle Bearbeiten von RAW-Bilddateien direkt auf der Kamera. Die eigens entwickelte Bedienoberfläche sorgt für einen Workflow ohne jegliche Unterbrechung – der Nutzer steuert alles direkt auf dem 4,3 Zoll großen Multi-Touch-Display der Kamera. Das Display im 16:9-Format, dessen Auflösung 1280 x 720 Pixel beträgt, sowie ein OLED-Sucher mit 0,7 Zoll Diagonale übertreffen die aktuellen Modelle von Leica und NIKON.

**Share:** Die vernetzte Vollformatkamera bringt die Bilder dann auf Wunsch direkt ins Internet – ohne Umweg über Speicherkarten oder Anschluss an externe Geräte.



Der 512 GB große interne Speicher mit Platz für etwa 6.800 RAW-Dateien (DNG) oder mehr als 50.000 JPGs ist mehr als ausreichend für jede Foto-Tour, sämtliche bearbeiteten Dateien sowie das kreative Spiel mit den Möglichkeiten der ZEISS ZX1. Durch multifunktionale Schnittstellen wie WiFi, Bluetooth und USB-C lassen sich darüber hinaus Peripheriegeräte jeder Art anschließen. Software-Updates „over the air“ halten die Kamera auf dem neuesten Stand – ohne den Umweg über eine Computerverbindung.

Das Design des ZEISS ZX1 zeichnet sich durch seine charakteristische Form mit sorgfältig ausgearbeiteten Details aus. Die Gesamtform und die Reduktion auf die absolut notwendigen Elemente bilden die Grundlage für eine ergonomische Kamera und sorgen für eine einfache Handhabung.



Die Symbiose von Hard- und Software drückt sich auch in der neu definierten Benutzeroberfläche und der besonderen Nutzung des 4,3" Multi-Touch-Displays aus. Der leicht geknickte Bildschirm trennt dabei die Live-Ansicht von den Bedienelementen und macht die Kamerabedienung komfortabel und unkompliziert.

„Wir wissen, dass wir mit der ZEISS ZX1 einen neuen Weg gehen und damit auch zunächst bewusst nur eine spezielle Zielgruppe ansprechen. Insbesondere wenden wir uns mit unserem Konzept an anspruchsvolle, professionelle Kreative, die schnell und effektiv ihre fotografischen Erlebnisse produzieren und damit möglichst viele Menschen im Netz begeistern wollen. Eine zentrale Rolle spielt neben einer technischen Highend-Ausstattung dabei immer stärker ein erstklassiger Workflow. Das Konzept der ZEISS ZX1 bietet genau das.“, so Jörg Schmitz, Leiter des ZEISS Unternehmensbereiches Consumer Products.

Carl Zeiss AG, D-73447 Oberkochen

# **Ernst Leitz Werkstätten: Eröffnung der Manufaktur und Vorstellung der Leica Uhr**

Mit der feierlichen Einweihung des dritten Bauabschnitts des Leitz-Parks nehmen auch die „Ernst Leitz Werkstätten“ ihre Tätigkeit auf und werden eine gänzlich neue sowie exklusive Produktlinie im Portfolio der Leica Camera AG etablieren: In Kleinserien gefertigte, mechanisch hochkomplexe sowie edle Armbanduhren. Die Ernst Leitz Werkstätten sind auf dem Gelände des neuesten Bauabschnitts beheimatet und bieten mit ihrer gläsernen Manufaktur einen faszinierenden Einblick in die aufwendige Fertigung der Uhren „Made in Germany“. In ihren Räumlichkeiten finden eine Werkstatt für die Montage, ein Atelier für die Beratung und ein Store Platz.

Zur Einführung der Leica Uhr werden zunächst zwei Modelle – die LEICA L1 und die LEICA L2 – erhältlich sein. Inspiration ziehen beide Varianten aus den gestalterischen Details der Präzisionsprodukte der weltbekannten Marke aus Wetzlar. Das Erscheinungsbild stammt von Professor Achim Heine, der über lange Jahre zahlreiche Leica Produkte gestaltet hat und so über ein umfangreiches Hintergrundwissen der Design-Grundsätze des Unternehmens verfügt. Viele unverkennbare Merkmale finden sich deshalb auch in den filigranen Details und Appliken der Uhren wieder, unter anderem in der Feinheit der Zeiger und Indexe, der Form des aufwändig gefertigten Edelstahl-Gehäuses, den besonderen Riffelungen an den Kronen oder dem bombierten Frontglas, das an die Frontlinse eines Objektivs erinnert.

Beide Modelle werden durch ein mechanisches Werk mit Handaufzug angetrieben, das komplett neu entwickelt wurde und durch den Sichtboden aus widerstandsfähigem Saphirglas betrachtet werden kann. Für Leica ist dabei der Aspekt „Made in Germany“ besonders wichtig, weshalb eine Kooperation mit der Lehmann Präzision GmbH eingegangen wurde. Entwicklung, Konstruktion

und auch ein Großteil der verbauten Komponenten stammen von der Schwarzwälder Manufaktur und verhelfen den Uhren zu einer besonders ausgeprägten Fertigungstiefe.

Design und Technik ergänzen sich bei den Leica Uhren perfekt: Sowohl Frontglas als auch Sichtboden bestehen aus kratzfestem Saphirglas – das an der Front ist doppelseitig entspiegelt – und jedes Modell hat die patentierte Drückerkrone mit entsprechender Zustandsanzeige auf dem Zifferblatt. Die Verbindung mit der Nullstellung des Sekundenzeigers ist dabei eine weitere Besonderheit – die Krone ist deshalb nicht nur ästhetisch ansprechend, sondern erweitert die Uhren auch um eine nützliche Funktion.



Leica L1

---

Das auf das Wesentliche reduzierte Design, gepaart mit einer kompromisslos hohen Qualität, machen die LEICA L1 und LEICA L2 nicht nur zu einem funktionalen Instrument, sondern zu einem echten Statement.

Dr. Andreas Kaufmann, Aufsichtsratsvorsitzender und Mehrheitseigner der Leica Camera AG, zu den Ernst Leitz



Werkstätten: “Ich bin sehr glücklich, dass dieses mehrjährige Projekt jetzt final vorgestellt werden kann. Ich glaube, es ist uns mit unseren Partnern gelungen, eine der Leica entsprechende Uhr „Made in Germany“ zu entwickeln und in die Fertigung zu bringen, die die Werte unserer Premium-Marke extrem gut repräsentiert!“

Markus Lehmann, Geschäftsführer der Lehmann Präzision GmbH, über die Zusammenarbeit mit Leica Camera: “Unabhängig von diesem Projekt haben wir bereits vor Jahren Präzisionsmaschinen für Leica gebaut. Es war natürlich sehr interessant, in zwei so unterschiedlichen Bereichen mit Leica zu tun zu haben, wobei das Projekt Uhr für mich wirklich eine Herzensangelegenheit war und ist. Nachdem sich bereits im Vorfeld des Projekts eine fruchtbare Zusammenarbeit angedeutet hat, ist es gelungen, das partnerschaftliche Miteinander zu intensivieren.“

Ernst Leitz Werkstätten GmbH, D-35578 Wetzlar

## Zenith: Uhrwerk mit innovativem Gangregler

Seit Christiaan Huygens im Jahr 1675 vor der Französischen Königlichen Akademie der Wissenschaften eine Uhr mit Unruh und Spiralfeder präsentierte, blieb dieses noch heute in jeder mechanischen Uhr genutzte Grundprinzip nahezu unverändert. Das Prinzip wurde zwar in Teilen immer wieder verbessert und bis heute durch den Einsatz neuer Werkstoffe bis zu einem Maximum optimiert, wirklich in Frage gestellt und durch andere Funktionsprinzipien abgelöst, wurde es aber nie.

Nun hat Zenith mit der Entwicklung eines völlig neuen Gangreglers die Funktion der mechanischen Uhr quasi neu definiert. Dieser neue Gangregler besteht aus einem einzigen Stück monokristallinem Silizium und ersetzt die Unruh samt Spiralfeder und Anker. Die über 30 Einzelteile eines herkömmlichen Regulierorgans werden bei der Defy Lab durch ein einziges, lediglich 0,5 mm hohes Bauteil ersetzt.



Zenith präsentierte am 14. September 2017 am Firmensitz im schweizerischen Le Locle ein völlig neuartiges mechanisches Uhrwerk – unter anderem ohne Unruh. Das Kaliber ZO 342, das in dem neuen Modell Defy Lab debütiert, verfügt nicht über eine herkömmliche Hemmung mit runder Unruh und Spiralfeder, sondern über einen neuartigen Gangregler, der aus einem einzigen Stück monokristallinen Siliziums besteht. Dieser Gangregler mit dem Namen Zenith Oszillator ersetzt neben Unruh und Spirale auch den bekannten Anker.

Vorteil für den Kunden ist eine um den Faktor 10 höhere Ganggenauigkeit. Die durchschnittliche tägliche Gangabweichung der Defy Lab soll lediglich 0,3 Sekunden am Tag betragen. Zum Vergleich: Die offizielle Schweizer Chronometerprüfstelle COSC erlaubt pro Lage (Zifferblatt oben, Krone unten etc.) Werte zwischen -4 und +6 Sekunden in 24 Stunden, Rolex reguliert seine Uhren mit +/-2 Sekunden pro Tag ein.

Ermöglicht wird diese Präzision durch eine für mechanische Uhren ungewöhnlich hohe Frequenz von 15 Hertz, das entspricht 108.000 Halbschwingungen pro Stunde (A/h), bei einer Amplitude von gerade einmal +/-6 Grad gegenüber rund 300 Grad bei einer klassischen Unruh. Bisher galt das Chronographenwerk El Primero, ebenfalls von Zenith, mit 5 Hertz (= 36.000 A/h) bereits als "Schnellschwinger". Trotz der enorm hohen Frequenz besitzt das neue Uhrwerk eine hohe Gangreserve von 60 Stunden. Laut Aussage von Zenith soll sie mehr als 95 Prozent dieser Zeit – also etwa 57 Stunden lang – ihre oben erwähnte hohe Ganggenauigkeit behalten.

Da der Gangregler aus Silizium besteht, ist er weitgehend unempfindlich gegenüber Temperaturschwankungen, Schwerkrafteinflüssen und Magnetfeldern, und es ist keine Schmierung (durch Öle oder Fette, die altern könnten) nötig, zumal konstruktionsbedingt keine Teile direkt miteinander in Kontakt stehen. Ermöglicht wird so eine Konstruktion durch den Einsatz modernster Siliziumtechnik, in der man im DRIE-Verfahren auf sogenannten Wafers komplexe zweidimensionale Formen herstellen kann, die sich mit herkömmlichen Stahlteilen nicht realisieren lassen würden.

Ersonnen hat das neue Werk mit der revolutionären Technik Guy Sémon, der CEO des Instituts für Forschung und Entwicklung der LVMH Watch Division, zu der neben Zenith auch TAG Heuer und Hublot gehören. Sémon hatte bereits während seiner Zeit bei TAG Heuer extrem schnell schwingende Chronographen wie den Mikrogirder konstruiert, die kleinste Zeitspannen bis zu einer Zweitausendstelsekunde messen konnten. Seit dieser Zeit hatte er sich mit der Frage beschäftigt, wie sich die dabei gewonnenen Erkenntnisse mithilfe der Siliziumtechnologie dazu nutzen lassen könnten, die Performance mechanischer Uhren zu verbessern.

Zum Start bringt Zenith genau zehn Uhren mit der neuen Technologie auf den Markt: zehn individuelle Einzelstücke unter dem Namen Defy Lab, die sich nur in der Farbgebung unterscheiden. Allen gemeinsam ist ein ebenfalls neuartiges Gehäuse aus Aeronith, einem extrem leichten Aluminium-Composite, das Zenith inhouse entwickelt hat. Es besteht aus einem soliden Metallschwamm, dessen gleichmäßig verteilte Poren mit einem Composite-Material versteift sind.

Das Aeronith ist 2,7-mal leichter als Titan und 1,7-mal leichter als Aluminium. Auch sind alle Uhren dreifach zertifiziert, unter anderem durch ein Chronometerzertifikat des Observatoriums Besançon. Die Magnetfeldresistenz gibt Zenith mit 88.000 Ampere pro Meter oder 1.100 Gauß an – mehr als bei Uhren mit herkömmlichem Weicheisenkäfig, aber weniger als bei der Master Chronometer von Omega oder die von Zenith im Frühjahr 2017 vorgestellte Defy El Primero 21.



Der Preis der Zenith Defy Lab beträgt 29.900 Schweizer Franken, die gesamte Auflage von zehn Exemplaren war bereits am Tag der Präsentation ausverkauft.

ZENITH, Swiss Watch Manufacture, Le Locle, Schweiz

(Quelle: Rüdiger Bucher, watchtime.net, 14. September 2017, Fotos: ZENITH)

# Head-Up-Display

Kyocera Display hat eine neue Produktlinie leistungsstarker und hochauflösender Flüssigkristall-Panels angekündigt. Diese wurden speziell für den Einsatz in Head-Up-Displays (HUDs) in der Automobilbranche entwickelt. Die LCDs zeichnen sich durch hohe Transparenz, hohe Auflösung und den großen Temperaturbereich für optimale Leistung bei der Anwendung in automobilen Head-Up-Displays aus.

## KYOCERA LCDs für Head-Up-Displays – Spezifikationen

Größe (Zoll/cm diagonal)	Auflösung	Ansteue- rung	Kontrastverhältnis	Licht- lässigkeit
1,12" (2,84 cm)	300 x 160 (302 ppi)	CMOS	1200:1	7,1 %
1,8" (4,6 cm)	480 x 240 (298 ppi)	CMOS	1200:1	8,5 %
3,1" (7,9 cm)	800 x 480 (297 ppi)	LVDS	1700:1	8,5 %

## Extreme Anforderungen an den Betrieb im Auto

Ursprünglich für Kampfflugzeuge entwickelt, tragen Head-Up-Displays dazu bei, die Sicherheit beim Autofahren zu steigern und eine vorzeitige Ermüdung des Fahrers zu verhindern. Zu diesem Zweck projizieren sie Informationen wie die aktuelle Geschwindigkeit, Navigationsanweisungen und andere Angaben auf die Windschutzscheibe und somit direkt ins Blickfeld des Fahrers. Dieses Verfahren erfordert Displays, die in einer großen Spannweite von Lichtsituationen zuverlässig funktionieren – von voller Sonneneinstrahlung bis hin zu totaler Dunkelheit. Weil Informationen und Bilder durch die Projektion auf die Windschutzscheibe vergrößert werden, setzt die HUD-Technik hohe Displayauflösungen voraus. Nur so lassen sich auch vergrößerte Projektionen ohne sichtbare Detail- und Schärfeverluste realisieren. Um diese Anforderungen unter den anspruchsvollen Einsatzbedingungen in einem Auto zu erfüllen, sind Bilderzeugungskomponenten erforderlich, die außergewöhnlich hohe Werte bei Helligkeit, Kontrast und Pixeldichte erreichen. Zudem muss dies in einem großen Temperaturbereich funktionieren, da die

Fahrzeuge sowohl in den kältesten als auch in den heißesten Klimazonen der Erde genutzt werden könnten.



### Kyoceras fortschrittliche HUD-Technik

Kyoceras neue LCDs für Head-Up-Displays bieten eine Lichtdurchlässigkeit bis zum extrem hohen Wert von 8,5 % sowie typische Kontrastverhältnisse bis zu 1700:1. Ihre Low Temperature Polysilicon-Technologie liefert Pixeldichten bis rund 300 PPI – etwa die doppelte Auflösung konventioneller LCDs – und einen Betrachtungswinkel\* von 85 Grad ohne Farbverschiebungen. Möglich wird dies durch Kyoceras AWWII (Advanced Wide Viewing) Technologie. Überdies arbeiten die HUD-LCDs von Kyocera bei Betriebstemperaturen von -40°C bis +105°C – dem zurzeit größten Temperaturbereich für Automotive-Displays.

„Kyocera nutzt seine Erfahrung aus vier Jahrzehnten LCD-Innovation, um die spezifischen Anforderungen von Automobilingenieuren zu erfüllen, die bei der Integration von Head-Up-Displays in beliebige Fahrzeugplattformen gestellt werden“, sagt Manfred Sauer, President von Kyocera Displays Europe. „Wir arbeiten eng mit Tier-One Herstellern zusammen, um diese sicherheitsrelevante Technologie in möglichst alle Fahrzeuge zu bringen.“

Kyocera ist ein bevorzugter Lieferant von hochwertigen Flüssigkristall-Displays (LCDs) für den Einsatz in der Automobilbranche, in der Industrie oder im medizinischen Bereich. Alle TFT-LCDs von Kyocera erfüllen die RoHS-Richtlinien zur Beschränkung oder Vermeidung potenziell gefährlicher Stoffe.

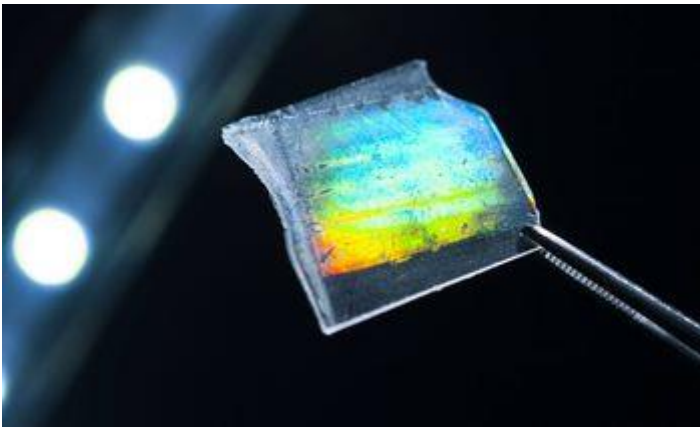
Quelle: Presseinformation Kyocera, 23.April 2018



# Glas wie Kunststoff bearbeiten

Materialwissenschaftler entwickeln neue Umformtechnik

Reines Quarzglas ist hoch transparent und sehr resistent gegenüber thermischen, physikalischen und chemischen Einwirkungen – optimale Voraussetzungen für den Einsatz in der Optik, der Daten- oder Medizintechnik. Für eine effiziente und qualitativ hochwertige Bearbeitung fehlen jedoch geeignete Verfahren. Wissenschaftler am Karlsruher Institut für Technologie haben eine Formgebungstechnik entwickelt, mit der sie Quarzglas wie Kunststoff strukturieren können.



Glassomer kann wie Kunststoff gefräst, gedreht, gelasert oder in CNC-Maschinen bearbeitet werden. (Bild: M. Breig, KIT)

---

„Hochreines Quarzglas und seine hervorragenden Eigenschaften mit einer einfachen Technologie zu dessen Strukturierung zu verbinden, ist seit jeher eine riesen Herausforderung“, erklärt Bastian Rapp vom KIT. Für die industrielle Glasbearbeitung entwickeln Rapp und sein Team neue Verfahren. „Statt Glas auf bis zu 800 Grad Celsius zu erhitzen und dann in Form zu bringen oder Teile von Glasblöcken

mittels Laserbearbeitung oder Ätzen zu strukturieren, setzen wir an den kleinsten Glas-Teilchen an.“ Die Wissenschaftler rühren Glaspartikel in der Größe von vierzig Nanometern in flüssigen Kunststoff ein, formen das Gemisch wie einen Sandkuchen und härten es durch Erwärmung oder Belichtung zu einem Feststoff aus, der zu sechzig Prozent aus Glaspartikeln und zu vierzig Prozent aus Kunststoffpartikeln besteht. Die Polymere wirken dabei wie ein Kleber, der die Glaspartikel an der richtigen Stelle festhält und so die Form fixiert.

Dieses Glassomer kann wie ein herkömmlicher Kunststoff gefräst, gedreht, gelasert oder auch in CNC-Maschinen bearbeitet werden. „Wir öffnen die gesamte Bandbreite der Polymerumformtechnik für Glas“, betont Rapp. Für die Herstellung von hochleistungsfähigen Linsen, die unter anderem in Smartphones zum Einsatz kommen, fertigen die Wissenschaftler zum Beispiel eine Stange aus Glassomer, aus der sie die Linsen heraus drehen. Für ein hochreines Quarzglas müssen sie die Polymere im Komposit wieder entfernen. Hierfür werden die Linsen in einem Ofen bei fünf- bis sechshundert Grad Celsius erhitzt. Der Kunststoff verbrennt dabei vollständig zu Kohlendioxid. Um die hierbei entstehenden Lücken im Material zu schließen, werden die Linsen bei 1300 Grad Celsius gesintert, ein Prozess, bei dem sich die verbleibenden Glaspartikel zu porenfreiem Glas verdichten.

Dieses Formgebungsverfahren ermöglicht die Herstellung von Materialien aus hochreinem Glas für all jene Anwendungen, für die bisher lediglich Kunststoffe eingesetzt werden können. Das bietet der glasverarbeitenden Industrie ebenso neue Möglichkeiten wie der optischen Industrie, der Mikroelektronik, Biotechnologie und Medizintechnik. „Das Verfahren eignet sich für die Massenproduktion und macht Quarzglas in der Herstellung und im Einsatz billiger, nachhaltiger und energieeffizienter als Spezialkunststoff“, erklärt Rapp.

# Sekundenschnelle Asphärenmessung ohne Stitching oder CGH



MarOpto TWI 60 von Mahr

---

Das Tilted Wave Interferometer MarOpto TWI 60 von Mahr prüft Asphären automatisch und sekundenschnell ohne Stitching oder comutergenierte Hologramme. Das neue Highend-Interferometer misst zudem auch sehr steile Asphären vollflächig und erfasst hochgenau mittel- und hochfrequente Fehler auf den Prüflingsoberflächen.

## Neuartige Messmethode

Die Oberflächen von Asphären müssen in der Produktion kontinuierlich geprüft werden. Das neue optische Messgerät MarOpto TWI 60 vom Applikationsspezialisten Mahr misst asphärische Linsen mit der neuartigen, hochgenauen, schnellen und sehr flexiblen Methode der Tilted WaveInterferometrie.

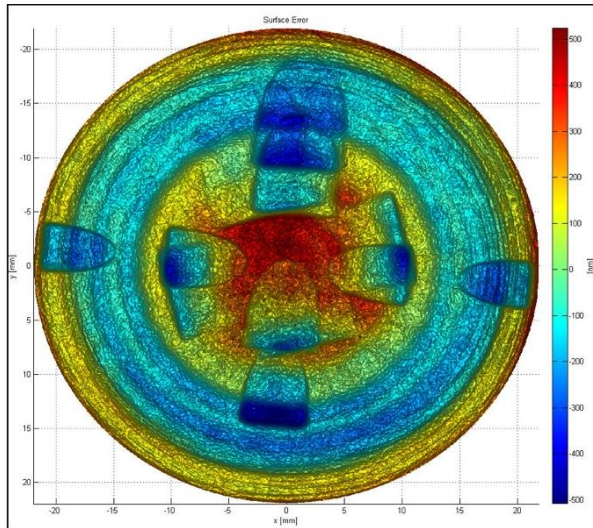
Dieses Messverfahren erfasst hochfrequente Fehler der Oberflächenform in extrem kurzen Messzeiten. Als fertigungsnahes Messsystem sichert es als Prüfturm die Qualität moderner Optiken. Algorithmen ermöglichen es, das Messverfahren flexibel auf unterschiedliche Oberflächenformen anzupassen ohne weiteres Zubehör wie Computer Generated Holograms (CGH).

Dabei ist bei der Oberflächenprüfung einer Asphäre kein Beweg-Stitching notwendig. Die Messung der gesamten Linse erfolgt in einer kurzen Folge interferometrischer Aufnahmen und dauert etwa 30 Sekunden. Das Messsystem misst Linsen mit einer Steigungsabweichung von bis zu  $10^\circ$  in Bezug auf die bestpassendste Sphäre.

### Der technische Hintergrund zum Tilted Wave Interferometer

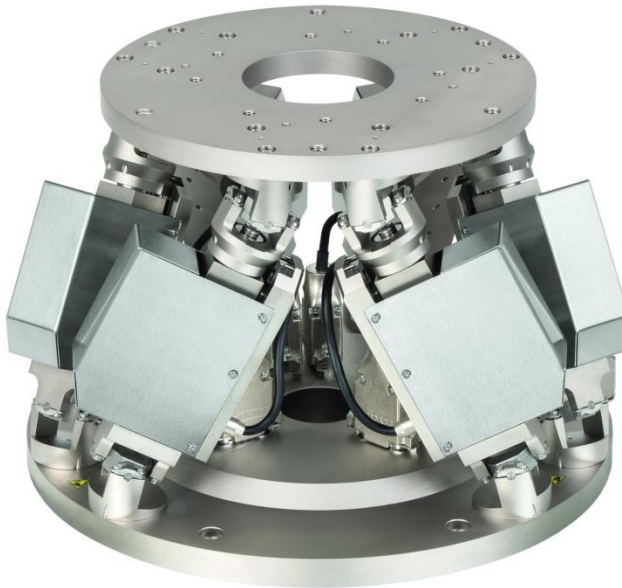
Das sogenannte Gekippte-Wellen-Interferometer basiert auf einem modifizierten Twyman-Green-Interferometer. Statt einer einzelnen Lichtquelle werden hier allerdings mehrere Lichtquellen eingesetzt, die auf einem Gitter angeordnet sind. Jede dieser Lichtquellen erzeugt eine unterschiedliche Neigung ihrer Wellenfront vor der zu prüfenden Oberfläche. So können Asphären auf eine Art gemessen werden, die sehr nahe an der Nulltest-Einrichtung für Linsenoberflächen ist – aber ohne ein Hologramm.

Die Kombination der Interferogramme aller Lichtquellen ergibt die gesamte Asphärenoberfläche. Damit ist das Messsystem sehr flexibel und kann auf unterschiedlichste Asphären angepasst werden.



Oberflächenabweichungen einer Demonstrator-Asphäre (Apertur 50 mm, Best-Fit-Radius 40,8 mm, Abweichung zur Best-Fit-Sphäre 600 µm, Gradientenabweichung 8°)

Das TWI wird mit Hilfe einer hochgenau gefertigten Kugel bekannter Geometrie kalibriert. Dabei wird ein lateraler Positionierfehler von 5 µm bei einer Wiederholgenauigkeit von weniger als 0,5 µm gefordert. Zur Positionierung des Prüflings in fünf Freiheitsgraden kommt ein Hexapod H-824 von Physik Instrumente zur Anwendung, mit dem Kippungsabweichungen von 60 µrad nicht überschritten werden.



Hexapod H-824 (Bild: PI)

---

Das MarOpto TWI 60 basiert auf einem Messverfahren, das das Institut für Technische Optik der Universität Stuttgart entwickelt hat. Eine erste Version des Messsystems wurde in der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig eingesetzt. Die Firma asphericon GmbH in Jena setzt das neue Interferometer als weltweit erstes Unternehmen seit Dezember 2017 zur Vermessung von Optiken höchster Genauigkeit ein.

Mahr GmbH, D-37073 Göttingen  
Asphericon GmbH, D-07747 Jena

# Teleskope, Instrumente und neue Technologien



Das Large Binocular Telescope (LBT) in Arizona mit zwei 8,4-Meter-Spiegeln  
Image: Wiphu Rujokaparn and Marc-André Besel

---

Astronomischer Fortschritt ergibt sich direkt aus immer neuen, besseren Beobachtungen - solchen, die einzelne Objekte in immer feineren Details zeigen, in neue Wellenlängenbereiche vordringen, oder im Falle von Durchmusterungen die Eigenschaften großer Mengen gleichartiger Objekte bestimmen.

Die Instrumente und Geräte, die für die jeweils neuesten Beobachtungen nötig sind, sind immer Spezialanfertigungen. Entwickelt werden sie von Konsortia aus Forschungsinstituten und spezialisierten Unternehmen der Technikindustrie. Die Institute profitieren von der Teilnahme an solchen Konsortia, weil sie die fertigen Instrumente für ihre eigenen Beobachtungen nutzen können. Dass die an der Entwicklung beteiligten Institutsangehörigen anschließend mit allen Feinheiten des Instruments vertraut sind und

es daher bei Beobachtungen optimal einsetzen können, ist ein weiteres großes Plus.

MPIA ist an der Entwicklung von Instrumenten für bodengebundene Teleskope ebenso beteiligt wie für Weltraumteleskope.



Die Mechanik für das Filtrerrad des MIRI-Instruments des James Webb Space Telescope wurde am MPIA entwickelt (Bild: MPIA)

---

Über besondere Expertise verfügt das Institut beispielsweise in den Bereichen Adaptive Optik und Interferometrie im Nahinfrarotbereich. Beobachtet ein irdisches Teleskop ferne Himmelskörper, sind deren Bilder immer etwas verwischt und verzerrt - das ergibt sich direkt beim Durchgang des Lichts durch die turbulente Erdatmosphäre. Adaptive Optik ermöglicht es, diese Störeffekte zu einem großen Teil auszugleichen. Interferometrie ermöglicht es, mehrere Teleskope quasi zu einem großen Teleskop zusammenzuschalten und so feinere Details sichtbar zu machen, als dies mit den Einzelteleskopen möglich wäre.



Aktuelle Projekte in diesen Bereichen sind das LINC-NIRVANA-Instrument, die LUCI-Spektrografen und das ARGOS-Laserleitsternsystem für das Large Binocular Telescope in Arizona, die Radialgeschwindigkeitsmaschine CARMENES für das Calar Alto-Observatorium sowie die Instrumente GRAVITY und MATISSE für das Very Large Telescope Interferometer am Paranal-Observatorium der ESO. Das MPIA ist auch an den beiden Instrumenten MICADO und METIS für das im Bau befindliche 39-Meter-Teleskop E-ELT beteiligt.

Ein weiterer Schwerpunkt des MPIA liegt bei der Planung und Fertigung beweglicher mechanischer Komponenten für Weltraumteleskope und bei der Entwicklung von Infrarotdetektoren. In diesen Bereichen war das Institut am Infrarot-Weltraumteleskop Herschel beteiligt, und auch bei zwei zukünftigen Missionen kommt die MPIA-Expertise zum Einsatz: dem James-Webb-Weltraumteleskop, einem Nahinfrarot-Teleskop mit 6,5 Meter Spiegeldurchmesser das 2018 starten soll, und dem Weltraumteleskop EUCLID, das ab 2020 Eigenschaften der Dunklen Materie und der Dunklen Energie erkunden soll.

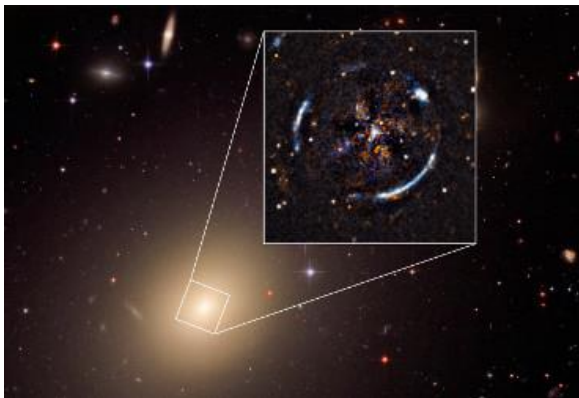
Über weitere Expertise verfügt das MPIA im Bereich Softwareentwicklung. Hier tragen wir unter anderem zu dem Astrometrie-Satellitenprojekt GAIA bei.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Instrumenten für die astronomische Forschung ist das MPIA an verschiedenen Projekten zur Entwicklung neuer Technologien beteiligt. Ein Beispiel ist die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für angewandte Optik und Feinmechanik auf dem Gebiet der Entwicklung neuer Metalloptiken, aus der bereits ein Patent hervorgegangen ist.

# Nahe Gravitationslinse bestätigt Einstein

Präzisester Test der Allgemeinen Relativitätstheorie außerhalb der Milchstraße

Astronomen haben den bisher genauesten Test von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie außerhalb der Milchstraße durchgeführt. Die nahegelegene Galaxie ESO 325-G004 wirkt wie eine starke Gravitationslinse, die das Licht einer fernen Galaxie dahinter verzerrt und einen Einsteinring um ihr Zentrum bildet. Durch den Vergleich der Masse von ESO 325-G004 mit der Krümmung des Weltraums um ihn herum fanden die Astronomen heraus, dass sich die Gravitation auf diesen astronomischen Längenskalen wie von der Allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagt verhält. Das schließt einige alternative Theorien der Schwerkraft aus.



Das MUSE-Instrument am VLT hat die Geschwindigkeit von Sternen in ESO 325-G004 vermessen, um die Geschwindigkeits-dispersionskarte zu erzeugen, die über dem Bild von Hubble liegt. Das Inset zeigt den Einsteinring, der aus der Verzerrung des Lichtes einer weiter entfernten Quelle durch die Zwischenlinse ESO 325-004 resultiert, die nach Subtraktion des Vordergrundlinsenlichtes sichtbar wird. (Bild: ESO, ESA / Hubble, NASA)

Das Astronomenteam um Thomas Collett von der Universität Portsmouth in Großbritannien hat mit dem MUSE-Instrument am VLT der Eso zunächst die Masse des ESO 325-G004 bestimmt, indem man die Bewegung der Sterne in dieser nahegelegenen elliptischen Galaxie vermessen hat. „Wir haben zum einen anhand von Daten vom Very Large Telescope in Chile ermittelt, wie schnell sich die Sterne in ESO 325-G004 bewegen. So können wir die Masse der Galaxie ableiten, die diese Sterne auf ihrer Umlaufbahn halten muss“, sagt Collett. Aber das Team war auch in der Lage, einen anderen Schwerkraftaspekt zu messen: Mit dem Hubble-Teleskop beobachteten sie einen Einsteinring, der durch das Licht einer fernen Galaxie entsteht, das durch die dazwischenliegende ESO 325-G004 verzerrt wird. Durch die genaue Beobachtung des Rings konnten die Astronomen messen, wie das Licht und damit die Raumzeit durch die riesige Masse von ESO 325-G004 verzerrt wird.

Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie sagt voraus, dass massebehafete Objekte die Raumzeit um sich herum krümmen, wodurch das vorbeiziehende Licht abgelenkt wird. Dies führt zum Gravitationslinseneffekt, der nur bei sehr massereichen Objekten spürbar ist. Einige hundert starke Gravitationslinsen sind bekannt, aber die meisten sind zu weit entfernt, um ihre Masse genau zu messen. Die Galaxie ESO 325-G004 ist jedoch eine der nächstgelegenen Linsen, nur 450 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt. „Wir kennen die Masse der Vordergrundgalaxie von MUSE und wir haben die Stärke des Gravitationslinseneffekts mit Hubble gemessen. Wir verglichen dann diese beiden Ansätze, die Stärke der Schwerkraft zu messen. Das Ergebnis war genau das, was die Allgemeine Relativitätstheorie voraussagt, mit einer Unsicherheit von nur neun Prozent. Dies ist der bisher präziseste Test der Allgemeinen Relativitätstheorie außerhalb der Milchstraße. Und das mit nur einer Galaxie“, sagt Collett.

Die Allgemeine Relativitätstheorie wurde mit hoher Genauigkeit auf den Skalen des Sonnensystems getestet und die Bewegung der Sterne im Zentrum der Milchstraße wird detailliert untersucht, aber bislang gab es keine genauen Tests auf noch größeren astronomischen Skalen. Die Prüfung der Langstreckeneigenschaften der Schwerkraft ist entscheidend für die Validierung unseres aktuellen kosmologischen Weltbilds. Diese Erkenntnisse können

wichtige Implikationen für Modelle der Gravitation als Alternative zur Allgemeinen Relativitätstheorie haben. Diese alternativen Theorien sagen voraus, dass die Auswirkungen der Schwerkraft auf die Krümmung der Raumzeit skalenabhängig sind. Das bedeutet, dass sich die Schwerkraft über astronomische Längenskalen hinweg anders verhalten sollte als auf den kleineren Skalen des Sonnensystems. Collett und sein Team fanden heraus, dass dies unwahrscheinlich ist, es sei denn, diese Unterschiede treten nur auf Längenskalen auf, die größer als 6000 Lichtjahre sind.

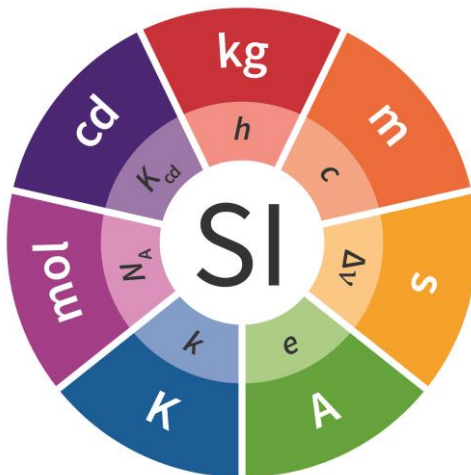
ESO / JOL, 22. Juni 2018

Originalveröffentlichung

*T. E. Collett et al.:* A precise extragalactic test of General Relativity,  
Vorabveröffentlichung, ESO

# Revision des Internationalen Einheitensystems

Die Staaten der Meterkonvention haben auf ihrer 26. Generalkonferenz für Maße und Gewichte (Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM) am 16. November 2018 in Versailles eine grundlegende Revision des Internationalen Einheitensystems (SI) beschlossen. In Zukunft werden sich alle SI-Einheiten auf die festgelegten Werte von sieben ausgewählten Naturkonstanten beziehen. Die Generalkonferenz folgt damit einer Empfehlung des Internationalen Komitees für Maße und Gewichte (Comité International des Poids et Mesures, CIPM), des höchsten Expertengremiums in der Welt der Metrologie. Die Neudefinitionen werden am 20. Mai 2019, dem Weltmetrologietag, in Kraft treten.



Im neuen Internationalen Einheitensystem (SI) werden sieben Naturkonstanten als definierende Bezugsgrößen festgelegt. Die sieben Basiseinheiten – in der Grafik im äußeren Kreis angeordnet – verlieren ihre herausgehobene Stellung. (Grafik: BIPM)



Im Avogadro-Experiment wurden anhand nahezu perfekter Einkristallkugeln aus Silizium gleich zwei Naturkonstanten bestimmt: die Avogadro-Konstante und das Planck'sche Wirkungsquantum. Nach der Festlegung der Konstanten sind derartige Si-Kugeln eine Möglichkeit, das Kilogramm zu realisieren.  
(Foto: PTB)

---

Die Idee, eine Maßeinheit auf der Basis von Naturkonstanten zu definieren, ist prinzipiell nicht neu. Was bei der Definition der Sekunde mittels Atomuhren vor 50 Jahren und bei der Definition des Meters mithilfe der Lichtgeschwindigkeit vor über 30 Jahren begonnen wurde, wird nun für alle Einheiten im Internationalen Einheitensystem fortgesetzt. Vier weitere Konstanten spielen dabei die Hauptrollen: das Planck'sche Wirkungsquantum  $h$ , die Avogadrokonstante  $N_A$ , die Boltzmannkonstante  $k$  und die Ladung des Elektrons  $e$ .

In den metrologischen Laboratorien fanden in den letzten Jahren aufwendige Experimente statt, um eben diese Konstanten so gut es irgend geht zu messen. Und diese Messungen, die vor allem an den großen nationalen Metrologieinstituten wie der PTB (Deutschland) und dem NIST (USA) oder auch dem NMIJ (Japan) und dem NRC (Kanada) durchgeführt wurden, waren erfolgreich: Die zuvor

gesetzten Zielmarken, u. a. bei den Messunsicherheiten und der Unabhängigkeit der Experimente voneinander, wurden erreicht. Die Werte der betreffenden Naturkonstanten konnten somit auf der Basis dieser Messungen sehr genau festgelegt werden.

Im neuen SI wird es keine definitionsbedingten Schwankungen mehr geben, da die Naturkonstanten verbindlich festgelegte Werte bekommen. Damit wird das so neu definierte Kilogramm stabil für alle Zeiten sein. Ein Urkilogramm, dessen Masse sich verändert, ist dann Geschichte. Alle elektrischen Einheiten inklusive des Ampere werden als Quantenrealisierungen (über den Josephson- und den Quanten-Hall-Effekt oder „einfach“ durch Zählen von Elektronen pro Zeit) Teil des Systems. Und nicht zuletzt wird das Mol nun auch definitorisch über eine festgelegte Anzahl von Teilchen (die Avogadro-Konstante) einer spezifizierten Substanz erfasst.

Daher gilt im neuen SI: Kann genauer gemessen werden, können auch die Einheiten genauer realisiert werden – ohne Änderung der zugrundeliegenden Definition. In einer hochtechnischen Welt, in der weder die Längenteilungen beim Nanometer aufhören werden noch die Zeiteilungen bei Femtosekunden, ist diese technische Offenheit des neuen SI gegenüber allen zukünftigen Genauigkeitsfortschritten ein großer Gewinn. Damit schafft die Revision des Einheitensystems bessere Voraussetzungen für Innovationen überall da, wo es auf höchste Messgenauigkeit ankommt – bei der Entwicklung von Quantentechnologien ebenso wie bei den Diagnosemöglichkeiten der Medizin, den Effizienzsteigerungen bei der Energiegewinnung oder den Analysemethoden der Klimaforschung. Und diese Offenheit gilt auf der gesamten Skala der jeweiligen Einheit, da die Naturkonstanten keinen speziellen Skalenabschnitt hervorheben. Dies steht durchaus im Gegensatz zur jetzigen Situation, in der das Kilogramm nur genau einen Punkt auf der Masseskala, nämlich den 1-kg-Punkt, festlegt oder der Tripelpunkt des Wassers ebenfalls nur einen einzigen Wert, den 0,01-°C-Punkt auf der Temperaturskala, fixiert. Das komplett neu definierte Einheitensystem beseitigt die Mängel des bisherigen Systems, wobei die Änderungen im täglichen Leben nicht bemerkbar sind. Für die Wissenschaft tritt der Fortschritt dagegen sofort ein, sobald die Neudefinitionen verabschiedet sind. Für die Technik zeigen sich die Fortschritte als Langzeitwirkung. Und ein weiterer Vorteil ist überzeugend: Naturkonstanten gelten

## Kurzberichte

---

überall. Damit bildet das neue SI gewissermaßen eine universelle Sprache, auf die sich die Weltgemeinschaft nun verständigt hat.

Sieben Naturkonstanten erhalten im neuen SI festgelegte Werte; die Zahlenwerte entstammen den Ausgleichsrechnungen von CODATA im Sommer 2017 (CODATA 2017 special adjustment).

- Frequenz des Hyperfeinstrukturübergangs des Grundzustands im  $^{133}\text{Cs}$ -Atom

$$\Delta\nu = 9\,192\,631\,770\text{ s}^{-1}$$

- Lichtgeschwindigkeit im Vakuum

$$c = 299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$$

- Planck-Konstante

$$h = 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34}\text{ J s (J s = kg m}^2\text{ s}^{-1}\text{)}$$

- Elementarladung

$$e = 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}\text{ C (C = A s)}$$

- Boltzmann-Konstante

$$k = 1,380\,649 \cdot 10^{-23}\text{ J K}^{-1}\text{ (J K}^{-1} = \text{kg m}^2\text{ s}^{-2}\text{ K}^{-1}\text{)}$$

- Avogadro-Konstante

$$N_A = 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$$

- Das Photometrische Strahlungsäquivalent  $K_{cd}$  einer monochromatischen Strahlung der Frequenz  $540 \cdot 10^{12}\text{ Hz}$  ist genau gleich 683 Lumen durch Watt.

**Sekunde (s):**  $1\text{ s} = 9\,192\,631\,770/\Delta\nu$

**Meter (m):**  $1\text{ m} = (c/299\,792\,458)\text{ s} = 30,663\,318\dots c/\Delta\nu$

**Kilogramm (kg):**  $1\text{ kg} = (h/6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34})\text{ m}^{-2}\text{ s} = 1,475\,521\dots \cdot 1040\text{ h } \Delta\nu/c^2$



**Ampere (A):**  $1 \text{ A} = e / (1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19}) \text{ s}^{-1} = 6,789\,686\dots \cdot 10^8 \Delta v e$

**Kelvin (K):**  $1 \text{ K} = (1,380\,649 \cdot 10^{-23} / k) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} = 2,266\,665\dots \Delta v h/k$

**Mol (mol):**  $1 \text{ mol} = 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23} / N_A$

**Candela (cd):**  $1 \text{ cd} = (K_{cd}/683) \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \text{ sr}^{-1} = 2,614\,830\dots \cdot 10^{10} (\Delta v)^2 h K_{cd}$

Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig, November 2018

# Messen, Fachtagungen und Kongresse 2019

## SPIE Photonics West 2019

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

05. – 08. Februar 2019, Moscone Center, San Francisco, CA, United States

## W3+FAIR

Deutschlands neue Netzwerk-Messe der Branchen Optik, Elektronik und Mechanik

26. und 27. Februar 2019, Rittal Arena, Wetzlar

## DPG-Tagungen 2019

DPG-Frühjahrstagung Aachen 25. -29.03.2019

83. Tagung der DPG und DPG Frühjahrstagung der Sektionen AMOP Rostock, 10. – 15. März 2019

DPG-Frühjahrstagung der Sektion Kondensierte Materie SKM Regensburg, 31.März – 05. April 2019

## OPTA 2019

08. – 10. März 2019 Messe Brünn, CZ

Internationale Messe für Augenoptik, Optometrie und Ophthalmologie

## Hannover-Messe 2019

01.– 05. April 2019

Industriemesse mit den Leitmesen Industrial Automation, Energy, Digital Factory, Industrial Supply, Research & Technology

### 33. CONTROL

07. – 10. Mai 2019 Landesmesse Stuttgart  
Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung

### Laser World of Photonics

Weltleitmesse für Komponenten, Systeme und Anwendungen der  
Photonik  
24. – 27. Juni 2019 Messe München

### 120. Jahrestagung der DgaO

11. – 15. Juni 2019 an der Hochschule Darmstadt

### LASYS 2019

Internationale Fachmesse für Laser-Materialbearbeitung  
05. – 07. Juni 2019 Landesmesse Stuttgart

### Sensor + Test 2019

25. – 27. Juni 2019 Messezentrum Nürnberg  
Internationale Fachmesse für Sensorik, Mess-und Prüftechnik mit  
GMA-Fachtagung „Sensoren + Messsysteme“

### Intersolar Europe 2019

15. – 17. Mai 2019 Neue Messe München  
Weltgrößte Fachmesse und Kongress für Solartechnik

### IFA 2018

06. – 11. September 2019 Messegelände Berlin  
Internationale Funkausstellung – weltweit größte Messe für  
Consumer Electronics und Home Appliance