



Werkzeuge aus Licht

Mit den 2018 geehrten Entwicklungen schlägt die Laserphysik neue Wege ein. Kleine biologische Objekte und unglaublich schnell ablaufende Prozesse erscheinen nun in einem neuen Licht, und modernste Präzisionsinstrumente eröffnen bislang unerschlossene Forschungsfelder und eine Vielzahl industrieller und medizinischer Anwendungsmöglichkeiten.

Arthur Ashkin entwickelte eine optische Pinzette, die Teilchen, Atome, Bakterien und andere lebende Zellen mit ihren Laserstrahlengreifern greifen kann. Dieses neue Werkzeug ermöglichte es Ashkin, einen alten Science-Fiction-Traum wahr werden zu lassen – das Bewegen physischer Objekte durch den Strahlungsdruck des Lichts. Es gelang ihm, mittels Laserlicht kleine Teilchen anzustoßen und sie durch Fokussierung des Strahls zu greifen. Die optische Pinzette war erfunden.

Der große Durchbruch erfolgte 1987, als Ashkin mit der Pinzette lebende Bakterien einfing, ohne sie dabei zu verletzen. Er begann umgehend mit der Untersuchung biologischer Systeme, und die optische Pinzette findet heute weitverbreitete Anwendung bei der Erforschung der Lebensprozesse.

Gérard Mourou und **Donna Strickland** ebneten mit ihrer Arbeit den Weg zu den kürzesten und intensivsten Laserpulsen, die je vom Menschen erzeugt wurden. Ihr bahnbrechender Artikel, der 1985 publiziert wurde, war die Grundlage für Stricklands Doktorarbeit.

Es gelang ihnen mithilfe einer raffinierten Methode, ultrakurze Laserpulse hoher Intensität zu erzeugen, ohne dabei das verstärkende Material zu zerstören. Die Laserpulse wurden zunächst zeitlich gestreckt, um ihre Spitzenleistung zu senken, danach verstärkt und schließlich komprimiert. Wird ein Puls zeitlich komprimiert und verkürzt, bedeutet dies, dass mehr Licht auf engstem Raum gebündelt ist – mit dem Ergebnis, das sich die Intensität des Pulses dramatisch erhöht.

Die von Strickland und Mourou neu entwickelte Technik, die sogenannte Chirped Pulse Amplification (CPA), wurde schon bald zum Standard für Hochintensitätslaser. Sie kommt unter anderem bei den Millionen jährlich durchgeführten korrekativen Augenoperationen zur Anwendung, bei denen mit extrem scharfen Laserstrahlen gearbeitet wird.

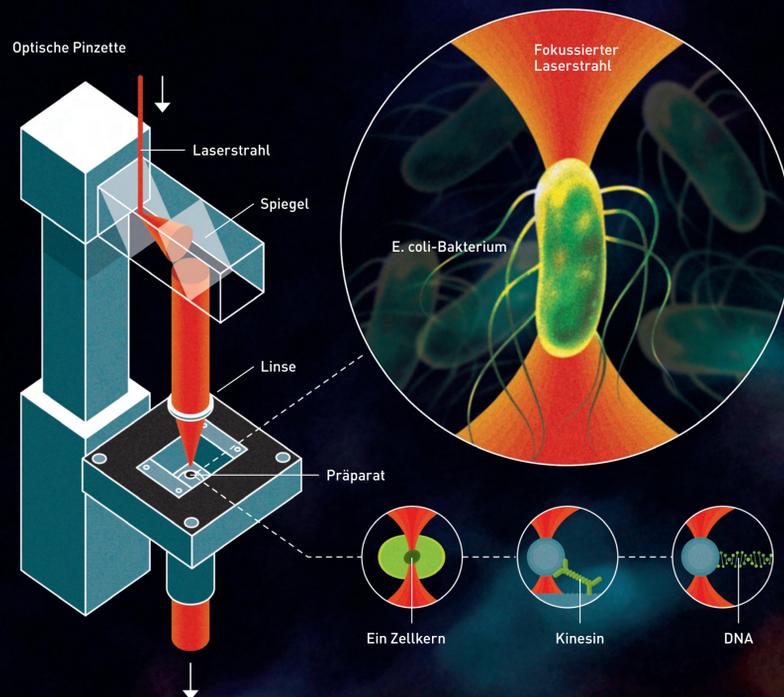
Zwar sind noch nicht alle der unzähligen Anwendungsgebiete vollständig erforscht, doch diese Erfindungen erlauben es uns bereits jetzt, die Mikrowelt zu durchstöbern – zum größten Nutzen der Menschheit und damit ganz im Sinne von Alfred Nobel.

Kurzer Lichtpuls eines Lasers.

Der Lichtpuls wird gestreckt, um seine Spitzenleistung zu senken.

Der gestreckte Laserpuls wird verstärkt.

Der Laserpuls wird komprimiert und seine Intensität erhöht sich dramatisch.



← Ein Bakterium im festen Griff einer optischen Pinzette: Arthur Ashkin belegte, dass nicht nur Bakterien, sondern auch andere lebende Zellen und ihr Inhalt unter dem Mikroskop untersucht werden können, wenn sie dort von einem fokussierten Laserstrahl an Ort und Stelle festgehalten werden. Mithilfe der optischen Pinzette lassen sich die zu untersuchenden Objekte beobachten, drehen, schneiden, schieben und ziehen, ohne sie zu berühren.

Ashkin ebnete den Weg für die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten der optischen Pinzette. Manche Objekte werden direkt im Laserstrahl gefangen, andere, wie zum Beispiel das Motorprotein Kinesin oder ein DNA-Strang, werden zuvor an einem kleinen, von der Pinzette gehaltenen Kügelchen befestigt.

↑ Das CPA-Verfahren revolutionierte die Lasertechnologie, indem es die Emission kurzer Laserpulse mit hoher Intensität ermöglichte. Dabei kommt eine raffinierte Methode zur Anwendung, um das Risiko der Zerstörung des verstärkenden Materials zu vermeiden. Anstelle einer direkten Verstärkung des Pulses wird er zunächst zeitlich gestreckt, um seine Spitzenleistung zu reduzieren. Anschließend wird der Puls verstärkt und komprimiert, so dass auf engstem Raum mehr Licht gesammelt wird, mit dem Ergebnis, dass sich die Intensität des Pulses enorm verstärkt.

Die CPA-Technik findet heute weitverbreitete Anwendung bei der Entwicklung noch kürzerer und intensiverer Pulse. Sie hat neue Forschungsfelder und zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Physik, Chemie und Medizin eröffnet.

Arthur Ashkin
Geboren 1922 in New York, USA. Früher forschend tätig an den Bell Laboratories, Holmdel, USA.

Gérard Mourou
Geboren 1944 in Albertville, Frankreich. Professor an der Ecole Polytechnique, Palaiseau, Frankreich und der Universität von Michigan, Ann Arbor, USA.

Donna Strickland
Geboren 1959 in Guelph, Kanada. Professorin an der Universität von Waterloo, Kanada.



Foto: Porträt von Arthur Ashkin: © Peter Bajer/Typsal - all rights reserved 2018; Porträt von Gérard Mourou: ©Ecole Polytechnique - Jeremy Barande; Porträt von Donna Strickland: One for the Wall, University of Waterloo.