

# Probing the atmosphere using a femtosecond terawatt Lidar

**J. Kasparian, J.P. Wolf, G. Méjean, E. Salmon, J.Yu**

*LASIM, CNRS / Université Claude Bernard Lyon I, Villeurbanne, France*

**M. Rodriguez, L. Wöste**

*Institut für Experimentalphysik, Freie Universität Berlin*

**R. Bourayou, R. Sauerbrey**

*Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich Schiller Universität Jena*

Ultrashort ultraintense laser pulses propagating in air produce self-guided filaments, with typically 100  $\mu\text{m}$  diameter, where self-phase modulation generates a coherent supercontinuum (from 230 nm to 4  $\mu\text{m}$ ) providing an ideal source for Lidar measurements. We developed and constructed the first mobile femtosecond Terawatt Lidar ("Teramobile"<sup>[1]</sup>) dedicated to atmospheric applications.

Recently, we showed that filaments can propagate up to 2 km altitude and that the generated supercontinuum can be detected as high as 18 km <sup>[2]</sup>. The backscattered white-light is used for remote multicomponent analysis. Direct access to relative humidity profiles is obtained from the simultaneous retrieval of water vapor concentration and temperature. The wide UV emission by third harmonic generation and cross-phase modulation in air down to 230 nm was used for multiwavelength ozone measurements in Lyon, allowing correction of the ozone Lidar profiles from aerosol interference.

Non-linear interactions with atmospheric aerosols also give rise to particularly attractive applications. Multiphoton excited fluorescence (MPEF) and LIBS using femtosecond lasers are efficient methods to analyze the composition of aerosol particles. We demonstrate the first range-resolved detection and identification of biosimulant aerosols in the air by non-linear Lidar<sup>[3]</sup>. Ultrashort laser pulses from the Teramobile are used to remotely induce two-photon-excited fluorescence (2PEF) in riboflavin containing particles. In the case of amino acids detection, 2PEF-Lidar is more efficient than 1PEF-Lidar beyond a typical distance of 2 km, because of the higher atmospheric transmission at longer excitation wavelengths.

[1] J. Kasparian et al., "White-light filaments for atmospheric alaysis" *Science* **301** 61-64 (2003)

[2] M. Rodriguez et al., "Kilometer-range non-linear propagation of fs laser pulses", to be published in *Physical Review E*

[3] G. Méjean et al., "Remote detection and identification of biological aerosols using a femtosecond terawatt Lidar system", submitted to *Applied Physics Letters*

# Fernerkundung der Atmosphäre mit einem femtosekunden-terawatt Lidar

**J. Kasparian, J.P. Wolf, G. Méjean, E. Salmon, J.Yu**

*LASIM, CNRS / Université Claude Bernard Lyon I, Villeurbanne, Frankreich*

**M. Rodriguez, L. Wöste**

*Institut für Experimentalphysik, Freie Universität Berlin*

**R. Bourayou, R. Sauerbrey**

*Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich Schiller Universität Jena*

Ultrakurze, ultraintensive Laserpulse, die in der Luft übergreifen, erzeugen selbstgeführte Filamente, mit typische Durchmesser von  $100\ \mu\text{m}$ , wo Selbstphasenmodulation einen kohärenten Superkontinuum von 230 nm bis zu  $4\ \mu\text{m}$  erzeugt. So ein Kontinuum ist eine ideale Lichtquelle für Lidarmessungen. Für atmosphärische Anwendungen haben wir den ersten mobilen femtosekunden-terawatt Lidar („Teramobile“ [1]) entwickelt und gebaut.

Vor kurze haben wir bewiesen, dass Filamente bis 2 km Höhe erreichen können, und dass das Superkontinuum bis 18 km Entfernung gemessen werden kann. [2]. Das rückstretete Weißlicht wird für Mehrkomponente-Fernanalyse. Relative Feuchte wurde von gleichzeitiger Messung von Wasserdampfkonzentration und Temperatur Profile gerechnet. Die breitbandige ultraviolette Emission durch dritte Harmonische und Kreuzphasenmodulation in der Luft bis 230 nm wurde für von Ozon Messungen mit mehrere Wellenlänge in Lyon. Diese Technik hat uns ermöglicht, Aerosolinterferenzen in die Ozonprofile zu korrigieren.

Auch nichtlineare Wechselwirkungen mit atmosphärischen Aerosolen ermöglichen sehr attraktive Anwendungen. Mehrphotonaufgeregte Fluoreszenz (MPEF) und Laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIBS) mit Femtosekundenlaser sind effiziente Methoden, um die Verfassung von Aerosolpartikeln zu analysieren. Wir haben die erste entfernungs aufgelöste Detektion und Erkennung von Bioaerosolen vorgeführt. [3] Ultrakurze Laserpulse vom Teramobile wurden benützt, um von weitem MPEF in mit Riboflavin gedopte Teilchen zu aufregen. Für Aminosäure ist 2-PEF Lidar effizienter als 1-PEF-Lidar (lineares Lidar) für Entfernungen ab 2 km, wegen der höheren atmosphärischen Transmission für längere Wellenlänge.

[1] J. Kasparian et al., “White-light filaments for atmospheric alalysis” *Science* **301** 61-64 (2003)

[2] M. Rodriguez et al., “Kilometer-range non-linear propagation of fs laser pulses”, akzeptiert für Öffentlichung in *Physical Review E*

[3] G. Méjean et al., “Remote detection and identification of biological aerosols using a femtosecond terawatt Lidar system”, submittiert zu *Applied Physics Letters*