

Gefördert durch DFG und CNRS

Projektpartner:

S. Niedermeier, J. Kasparian, R. Sauerbrey  
 Institut für Optik und Quantenelektronik  
 Friedrich-Schiller-Universität Jena

# Hochleistungslaser in der Atmosphäre

M. Rodríguez, H. Wille, L. Wöste

Freie Universität Berlin, Institut für Experimentalphysik, Arnimallee 14, 14195 Berlin  
 Tel.: (030) 838 6119, E-mail: miguel.rodriguez@physik.fu-berlin.de



Freie Universität Berlin  
 Institut für Experimentalphysik

J. Yu, D. Mondelain, J.-P. Wolf  
 Laboratoire de Spectrométrie Ionique et Moléculaire  
 Université Claude Bernard Lyon

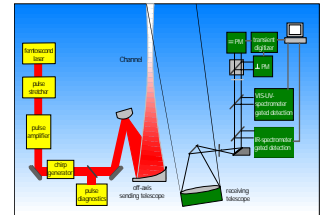
B. Prade, M. Franco, S. Tzorzakis, Y.-B. André, A. Mysyrowicz  
 Laboratoire d'Optique Appliqué  
 ENSTA - École Polytechnique, Palaiseau

## Einleitung

Bei der Ausbreitung von fs-Laserpulsen mit Leistungen oberhalb einiger GW in Luft entstehen durch Selbstfokkierung hochintensive Filamente (*Channel*) [1]. In diesen findet aufgrund nichtlinearer Effekte eine starke spektrale Verbreiterung des Laserlichts statt, es entsteht Weißlicht [2]. Bei LIDAR-Messungen mit einem TW-Laser konnte Weißlicht fern der Laserwellenlänge als Rückstreuung von Cirruswolken aus 12 km Höhe detektiert werden [3] und mit hoher spektraler Auflösung Absorption von Atmosphärgasen gemessen werden [4]. Neben der Entwicklung eines multispektralen Absorptions-LIDAR ist es das Ziel, die nichtlinearen optischen Effekte grundlegend zu untersuchen und sie direkt für die Atmosphärendiagnostik - v. a. von Aerosolen - zu nutzen.

## Aufbau TW-Laser / LIDAR

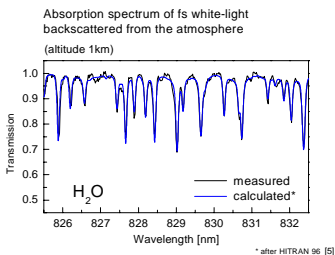
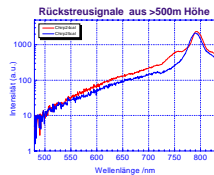
Zwei bestehende Lasersysteme in Jena und Palaiseau liefern Pulse von weniger als 100 fs Länge mit Energien von bis zu 2 TW.  
 Eine spezielle Sendeoptik ist für die Ausbildung des Weißlichtkanals nicht notwendig (siehe Fotos unten), sie soll jedoch - zusammen mit anderen Parametern des Lasersystems - eine Beeinflussung des Entstehungsortes der Weißlichterzeugung ermöglichen.  
 Die Detektion entspricht einem klassischen Lidar-Aufbau, jedoch mit hoher spektraler Auflösung.



## Absorptionsspektroskopie - LIDAR

### Messungen im sichtbaren Bereich des Weißlichtspektrums

Das aus der Atmosphäre zurückgestreute Weißlicht im sichtbaren und nahen Infrarotbereich (Bild rechts) ist geeignet, um hochaufgelöste Absorptionsspektren zu messen und daraus Gaskonzentrationen zu bestimmen (Beispiel im Bild unten: Absorption von Wasserdampf, Signal aus 1 km Höhe) [4].

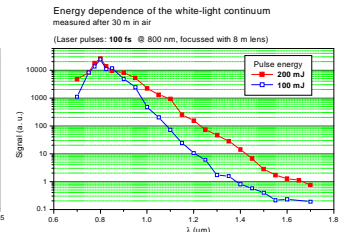
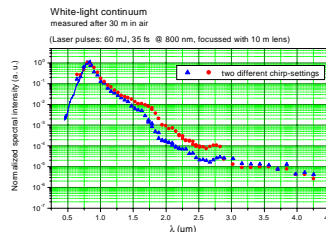
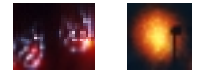


- Vorteile:**
- gegenüber Fernerkundung mit cw-Weißlicht: höhere Ortsauflösung
  - gegenüber anderen LIDAR-Methoden: kein Messfehler durch ungenaue Wellenlängenkalibration, bei gleichzeitiger Erfassung mehrerer Substanzen.

## Untersuchung des IR-Anteils des Weißlichts

Es wurde Licht im IR bis über 4 µm hinaus nachgewiesen [6]. Die Konversion des Laserlichts in Infrarotlicht hängt von den Anfangsparametern des Pulses (Energie, Länge, Chirp ⇒ Leistung) ab. Die Art der Strahlaußbreitung bestimmt die Intensität an jedem Ort.

2TW-Pulse nach 50 Meter Luftweg

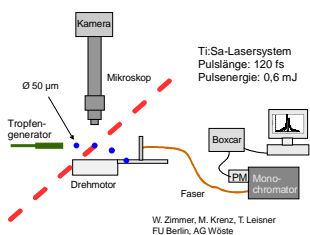


**Ziel:**  
 Optimierung der Infrarotlichterzeugung für große Distanzen,  
 → Detektion und Messung der Konzentration von Spurengasen, die im IR absorbieren (v. a. Kohlenwasserstoffe, beginnend mit Methan bei 1.6 µm).

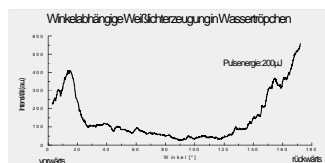
## Messungen an Aerosolen

### Laborversuche zu nichtlinearen optischen Effekten an Mikrotröpfchen

**Effekte:** Frequenzverdreifung (THG), Mehrphotonenfluoreszenz, stimulierte Ramanstreuung (SRS) [7], Plasmaemission → Richtungsabhängigkeit der Emission



- Motivation:**
- 1) Beitrag zum Verständnis des Weißlichtspektrums (in Rückrichtung)
  - 2) Direkte Nutzung der Effekte zur Charakterisierung atmosphärischer Aerosole



### Erzeugung und Untersuchung von Kondensationsstreifen durch fs-Pulse

- Motivation:**
- Untersuchung von Kondensationsprozessen in der Atmosphäre
  - Nachweismethode zur Bestimmung der Ionen- und Wasserdampfkonzentration im Channel
  - Verständnis zur Wechselwirkung von fs- Laserpulsen mit Aerosolen
  - Einfluß der Aerosole auf das Weißlichtspektrum und die Gesamtstreuung bei Lidaranwendungen

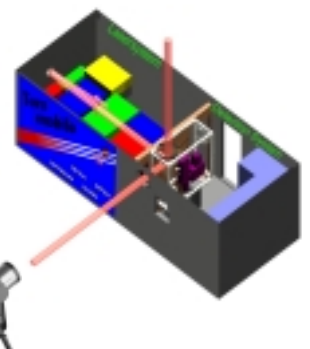


## Das TERAMOBILE

- Projektbeginn nach Bewilligung durch DFG/ CNRS im August 1999
- geplante Fertigstellung: Mai - Juni 2000
- erste Messungen zur Systemcharakterisierung in Jena und dessen Umland Juni/ Juli 2000

- Geplante Messungen 2000:**
- Absorptionsmessungen von Spurengasen im nahen IR
  - Charakterisierung des Weißlichts und des Channels über lange Distanzen
  - Bestimmung der Abhängigkeit von wichtigen meteorolog. Parametern und Aerosolen

- Geplante Endausstattung:**
- Container mit Lasersystem Pulslänge  $t_p = 120$  fs und Pulsenergie  $E_p = 300$  mJ, sowie Lidar Detektionssystem für horizontale und vertikale Messungen
  - Versorgungscontainer für Kühlwasser- aufbereitung und Stromversorgung



- mobiles Meßsystem zur winkelaufgelösten Strahlcharakterisierung und für spektral aufgelöste Lidar- und DOAS-Messungen

### Referenzen:

- [1] A. Braun, G. Korn, X. Liu, D. Du, J. Squier, and G. Mourou, *Opt. Lett.* 20, 73, (1995)
- [2] H. Nishioka, W. Odejima, K. Ueda, and H. Takuma, *Opt. Lett.* 20, 2505 (1995)
- [3] L. Wöste, C. Wedekind, H. Wille, P. Rairoux, B. Stein, S. Nikolov, Chr. Werner, S. Niedermeier, H. Schillinger, R. Sauerbrey, *Femtosecond Atmospheric Lamp*, *Laser und Optoelektronik* 29, 51 (1997)
- [4] P. Rairoux, H. Schillinger, S. Niedermeier, M. Rodriguez, F. Ronneberger, R. Sauerbrey, B. Stein, D. Waite, C. Wedekind, H. Wille, L. Wöste, to appear in *Applied Physics B* (2000)
- [5] L. S. Rothman, *HITRAN spectroscopic data*, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 48, 5, 497 (1992)
- [6] S. Niedermeier, Y.-B. André, M. Franco, J. Kasparian, D. Mondelain, A. Mysyrowicz, B. Prade, M. Rodriguez, R. Sauerbrey, S. Tzorzakis, H. Wille, J.-P. Wolf, L. Wöste, J. Yu, submitted to *Optics Letters* (2000)
- [7] J. Kasparian and J.-P. Wolf, *Optics Comm.* 152, 355 (1998)