

# Laser Lightning Rod

T. Produit<sup>1</sup>, P. Walch<sup>2</sup>, C. Herkommer<sup>3</sup>, A. Mostajabi<sup>4</sup>, M. Moret<sup>1</sup>, U. Andral<sup>1</sup>, V. Moreno<sup>1</sup>, A. Sunjerga<sup>4</sup>, M. Azadifar<sup>5</sup>, Y.-B. André<sup>2</sup>, B. Mahieu<sup>2</sup>, W. Haas<sup>6</sup>, B. Esmiller<sup>7</sup>, G. Fournier<sup>7</sup>, P. Krötz<sup>3</sup>, T. Metzger<sup>3</sup>, K. Michel<sup>3</sup>, A. Mysyrowicz<sup>2,8</sup>, M. Rubinstein<sup>5</sup>, F. Rachidi<sup>5</sup>, J. Kasparian<sup>1</sup>, J.-P. Wolf<sup>1</sup>, A. Houard<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université de Genève, Département de physique appliquée, Schweiz

<sup>4</sup>EMC Laboratory, EPFL, Schweiz

<sup>7</sup>ArianeGroup, Frankreich

<sup>2</sup>Laboratoire d'Optique Appliquée, ENSTA ParisTech, CNRS, Frankreich

<sup>5</sup>IICT, HES SO, Schweiz

<sup>8</sup>AMC SARL, Versailles, Frankreich

<sup>3</sup>TRUMPF Scientific Lasers GmbH + Co. KG, Deutschland

<sup>6</sup>Swisscom Broadcast AG, Schweiz

## MOTIVATIONEN

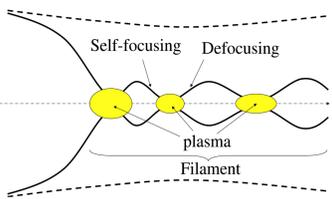
Seit der Erfindung des Blitzableiters durch Benjamin Franklin im 18. Jahrhundert hat sich die Menschheit mehr und mehr damit beschäftigt, das Naturphänomen "Blitz" zu verstehen und zu zähmen. Aufgrund der rasanten Entwicklung in der Lasertechnologie erforschen wir eine neue Art des Blitzschutzes auf der Basis von Hochleistungs-Ultrakurzpuls-Laser. Das Ziel des europäischen Projekts "Laser Lightning Rod" ist die Untersuchung und die Entwicklung eines neuen Laserblitzschutzsystems mithilfe eines Terawatt-Laser mit hoher Repetitionsrate auf dem neuesten Stand der Technik.

## HINTERGRÜNDE

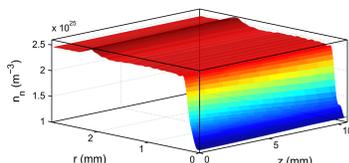
### Laser Filamente

Ultrakurze Laserimpulse im Subpikosekundenbereich und mit Spitzenleistungen über 100 Gigawatt zeigen bei ihrer Ausbreitung in Luft eine besondere fadenförmige Struktur, *Filamente* genannt.

In diesen Filamenten werden Lichtintensitäten bis zu  $10^{14}$  W/cm<sup>2</sup> erreicht und lassen somit in ihrem Pfad ionisierte Luft zurück<sup>1</sup>. Es hat sich zudem gezeigt, dass sich diese Filamente bis zu kilometrischen Entfernungen aufrechterhalten lassen<sup>2,3</sup>.



Schematische Darstellung der Fokussierungs-/Defokussierungszyklen, die sich in einem Filament abspielen<sup>1</sup>.



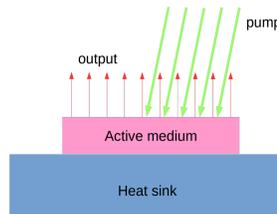
Knallwellen und geringe Luftdichtenzonen im Gefolge eines Filaments nach 5 µs<sup>4</sup>. Die z-Achse ist die Laser-Ausbreitungsrichtung und r ist der radiale Abstand zum Laser.

Fotografie der durch einen Filament induzierten Plasmaluminiszenz.

### Scheibenlaser-Technologie

Neueste Forschungen in der Scheibenlaser-Technologie auf Basis von Yb:YAG-Kristallen haben kürzlich Demonstration von Laser mit Pulsdauern unter 1 ps, Pulsenergien von mehr als 720 mJ und kHz Wiederholraten ermöglicht<sup>5</sup>.

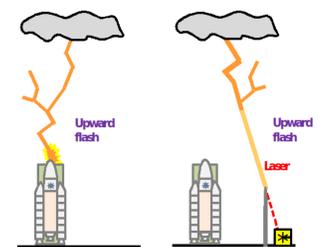
Aufgrund der effizienten Wärmeabfuhr bei den dünnen eindimensionalen Kristallscheiben im Laserverstärker können hohe Pumpendichten von nahezu  $>12$  kW/cm<sup>2</sup> erreicht werden. Obwohl eine geringe Verstärkung der Pulse pro Umlauf im Laserverstärker erreicht werden kann, hat sich diese Technologie bereits als geeignet für ultrakurze Laser erwiesen.



Skizze des Scheibenlaser-Technologie-Prinzips. Überschüssige Wärme wird durch die reduzierte Dicke (100 µm bis 1 mm) des aktiven Mediums gut abgeführt.

### Blitzschutz

Der passive Schutz durch Blitzableiter wird häufig für den äusseren Schutz von festen Installationen verwendet. Es gibt jedoch viele Situationen in denen aktiver Schutz notwendig wäre<sup>6,7</sup>. Zudem schützen traditionelle Blitzableiter empfindliche Standorte nicht vor den verschiedenen indirekten Auswirkungen der starken EM-Felder, die durch Blitzeinschläge induziert werden, wie z. B. induzierte Überspannung. Die Ableitung von Blitzeinschlägen an einen anderen Ort würde daher eine bevorzugte Lösung für den Schutz empfindlicher Standorte wie Flughäfen, Raffinerien oder auch Flugzeuge bilden.

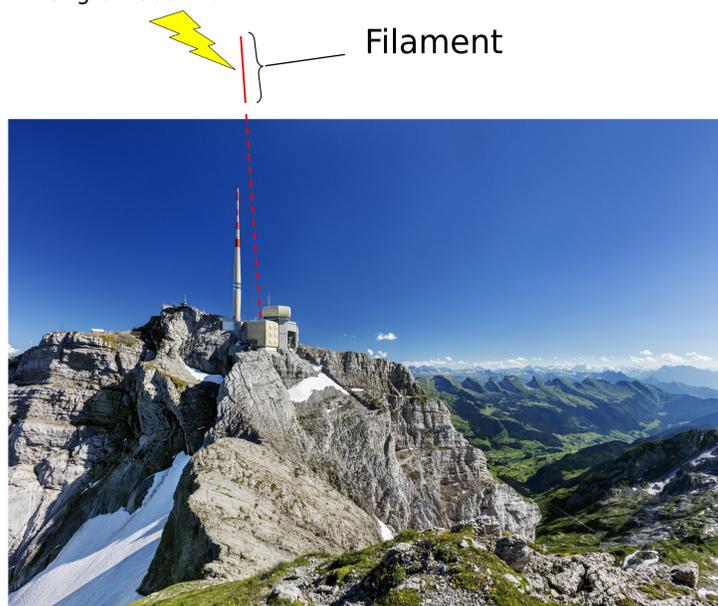


Laser-Blitzableiter-Prinzip. Der Blitz wird an eine bevorzugte, sicherere Stelle umgeleitet.

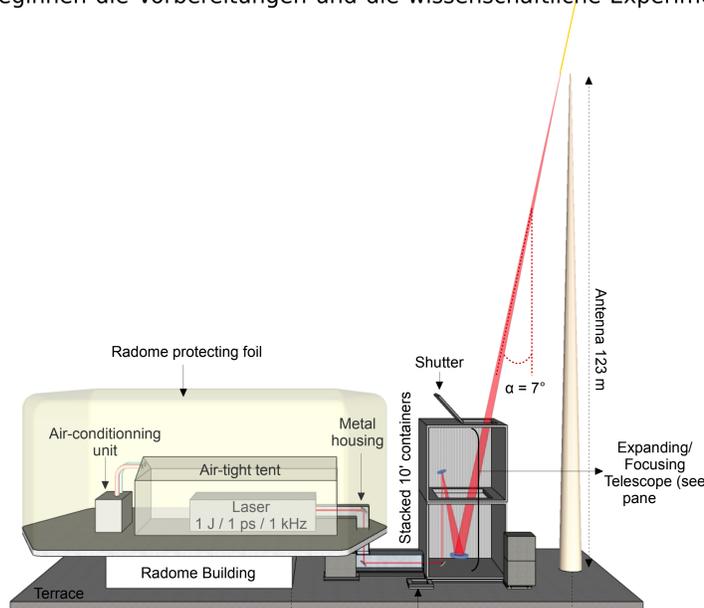
## SÄNTIS EXPERIMENT IN 2021

Eine geringe Luftdichtenzone im Pfad der Filamente stimuliert die Auslösung von elektrischen Entladungen auf kleineren Skalen<sup>3,8</sup>. Die Demonstration eines laserinduzierten Aufwärtsblitzes wäre ein grosser Durchbruch in der Blitzforschung mit potenziell tiefgreifenden Auswirkungen auf zukünftige Blitzschutzsysteme.

Eine solche Demonstration soll deswegen hier am Säntis diesen Sommer 2021 stattfinden. In der Tat ist der Säntis schon im Zentrum der Blitzforschung, da die Swisscom-Antenne auf der Spitze ca. 100 Mal pro Jahr vom Blitz getroffen wird<sup>9</sup>. Ein Konsortium, gebildet aus den CNRS (Frankreich), die Universität Genf (Schweiz), Trumpf Scientific (Deutschland), ArianeGroup (Frankreich), Swisscom (Schweiz), die EPFL (Schweiz) und die HES-SO Yverdon (Schweiz), betreibt die Blitz- und Laserforschung in dem europäischen Projekt "Laser Lightning Rod"<sup>8</sup>. Im April 2021 beginnen die Vorbereitungen und die wissenschaftliche Experimente erfolgen dann von Juni 2021 bis spätestens Anfang Oktober 2021.



Künstlerische Ansicht der geplanten Laserschüsse während der Säntis Experimente



Skizze der geplanten Lasergeometrie während der Säntis Experimente.

### Mehr Informationen

- über das Projekt:  
Siehe die Webseite <http://llr-fet.eu>  
Siehe den publizierten Artikel in Referenz [8] erhältlich unter <https://doi.org/10.1051/epjap/2020200243>
- über die Flugsicherheit:  
Siehe die Webseite <https://www.fedlex.admin.ch/eli/fga/2021/246/fr>

### Noch Fragen ?

Kontaktieren Sie die Universität Genf per Email an:

[INFO-LLR-FET@unige.ch](mailto:INFO-LLR-FET@unige.ch)

### Finanzielle Unterstützung

Dieses Projekt wurde durch das Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union unter der Fördervereinbarung Nr 737033-LLR gefördert.

### Referenzen

- [1] A. Couairon & A. Mysyrowicz, Physics Report **441**, 2, 47-189, (2007).
- [2] M. Durand et al., Optics Express **21**, 22, 26836-26845, (2013).
- [3] J.-P. Wolf, Rep. Prog. Phys. **81** 026001 (2018).
- [4] G. Point et al., J. Phys. B **48**, 094009, (2015).
- [5] C. Herkommer et al., Optics Express **28**, 30164 (2020).
- [6] J. Kasparian et al., Science **301**, 61-64, (2003).
- [7] J. Kasparian & J.-P. Wolf, Opt. Express **16**, 466, (2008).
- [8] T. Produit et al., Eur. Phys. J. Appl. Phys. **93**, 10504 (2021).
- [9] C. Romero et al., Electric Power Systems Research **82**, 1, 34-43, (2012).

