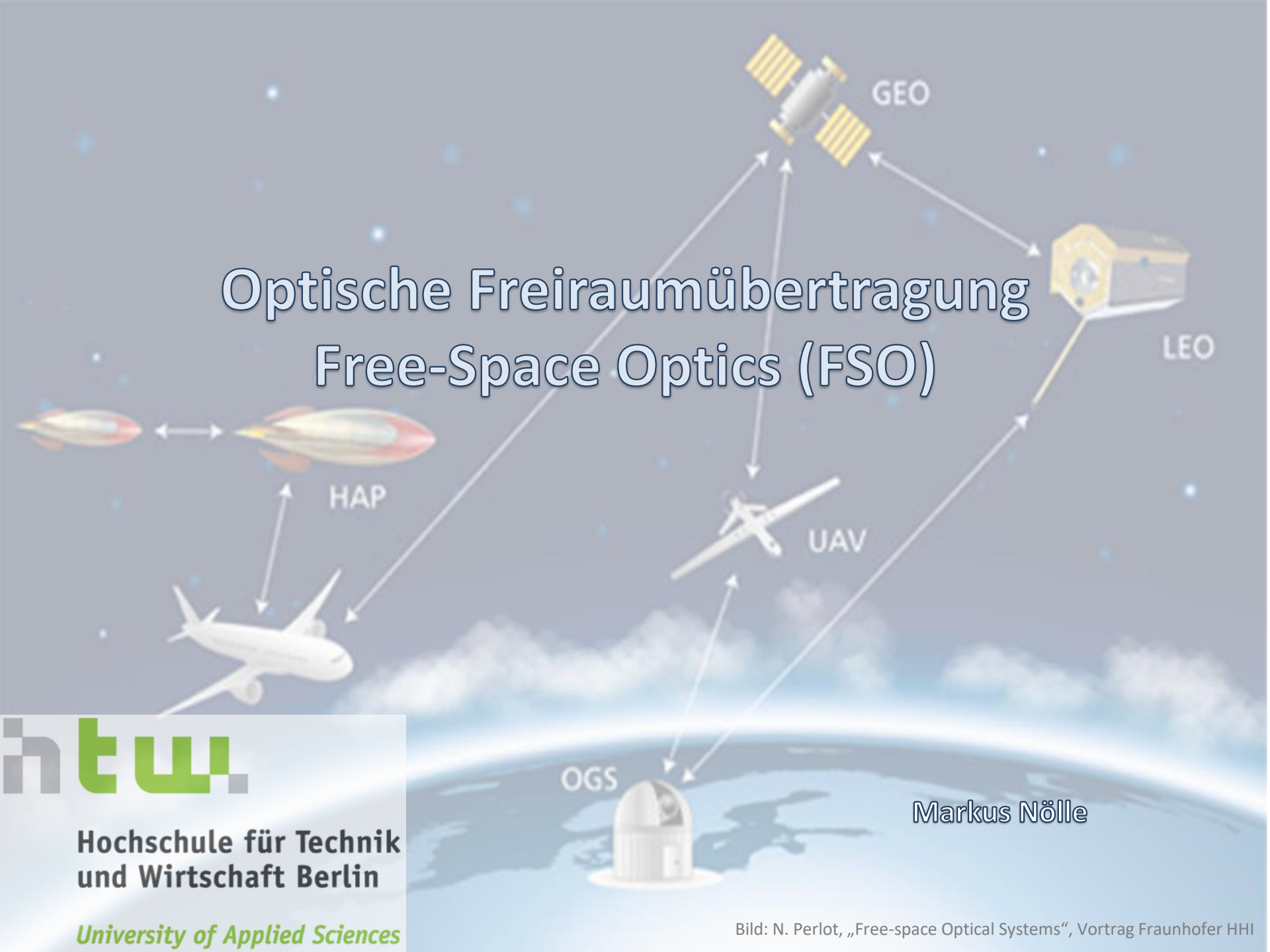


Optische Freiraumübertragung Free-Space Optics (FSO)



Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

Markus Nölle

Gliederung

- Involvierte Institutionen und Personen
- Warum optische Freiraumkommunikation?
 - Anwendungsgebiete
 - Probleme / aktuelle Fragestellungen in F&E
- Stand der Arbeiten
 - Digitale Signalverarbeitung / Numerische Analysen
 - Experimentelle Arbeiten

Personen / Kooperationen

HTW



- Abraham Johst
- Lutz Molle
- Markus Nölle
- Simon Schütze

Berliner Hochschule für Technik (BHT)

- Benjamin Riebold
- Matthias Biletzke
- Michael Rohde
- Omid Mohebatzadeh
- Wolfram Runge



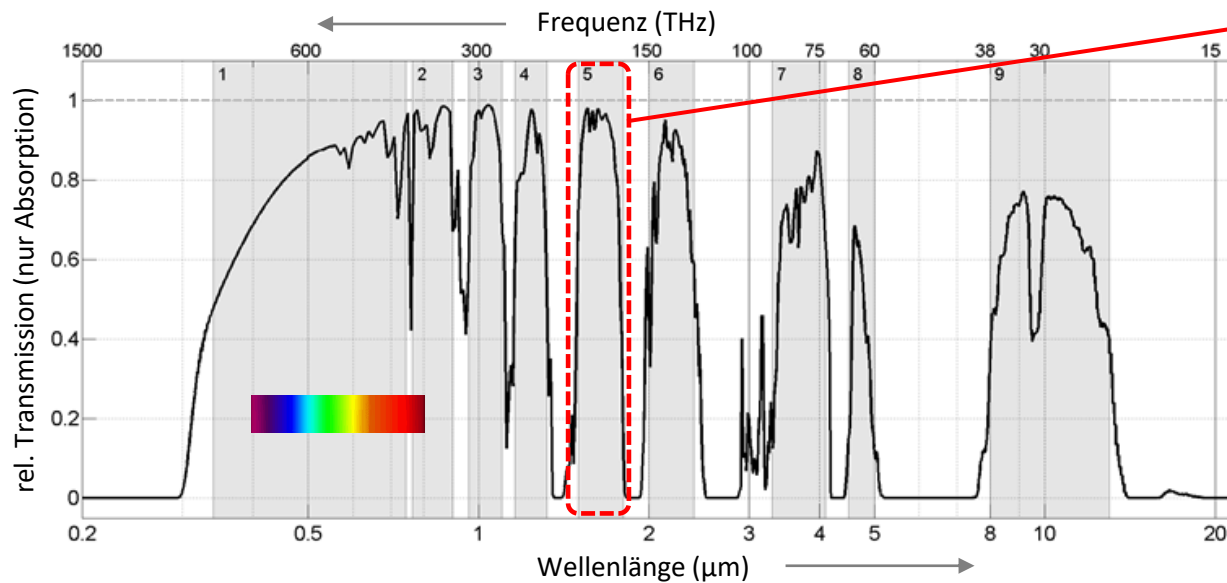
FhI für Nachrichtentechnik (Heinrich-Hertz-Institut)

- Marcel Rothe
- Nicolas Perlot



Warum optische Freiraumkommunikation?

- Vorteile von **Free-Space Optics (FSO)** im Vergleich zur Funkübertragung
 - **Optischer Frequenzbereich** im nahen Infrarot ist **lizenzfrei** nutzbar
 - sehr **hohe Bandbreiten verfügbar**, daher potentiell viel höhere Datenraten erzielbar
 - ...



Wellenlängen um 1550 nm:
kostengünstige
Komponenten kommerziell
verfügbar

Bildquelle: N. Perlot, „Free-space Optical Systems“

Anwendungsfelder der optische Freiraumkommunikation

- Hochbitratige Alternative (oder Ergänzung) von Richtfunkverbindungen
 - zwischen **Unternehmensstandorten**
 - zur flexiblen Anbindung von **Mobilfunkmasten** (Mobile Backhaul, 5G)
 - in **Entwicklungs- oder Schwellenländern**
 - **Satellitenkommunikation**

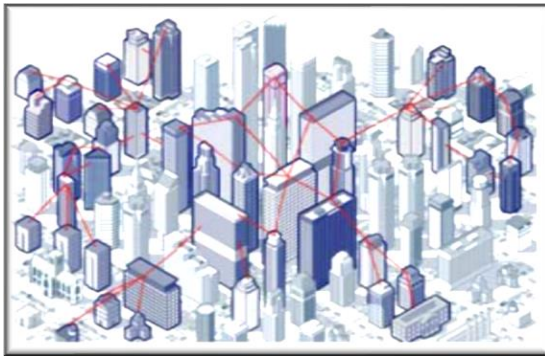


Bild: N. Perlot, „Free-space Optical Systems“

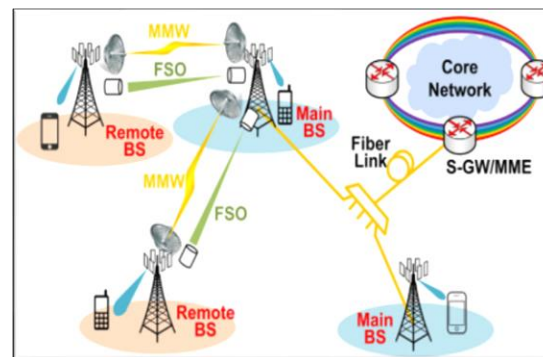


Bild: J. Zhang, Opt. Lett. 41, p. 1909 f. (2016)

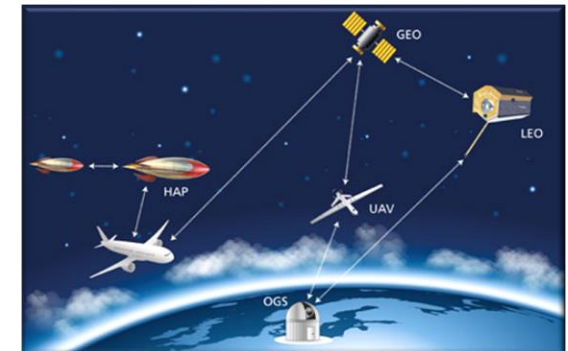
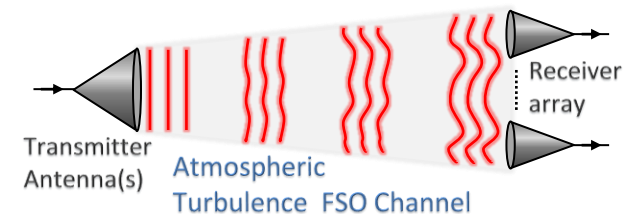
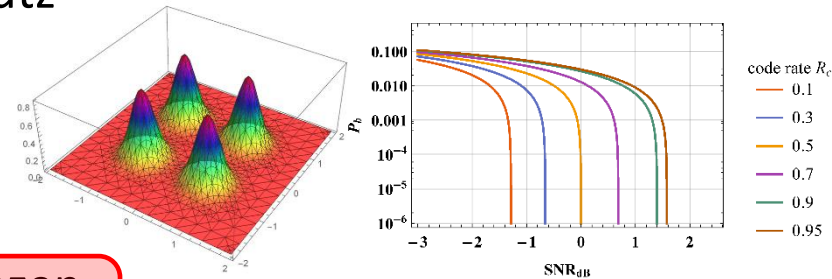
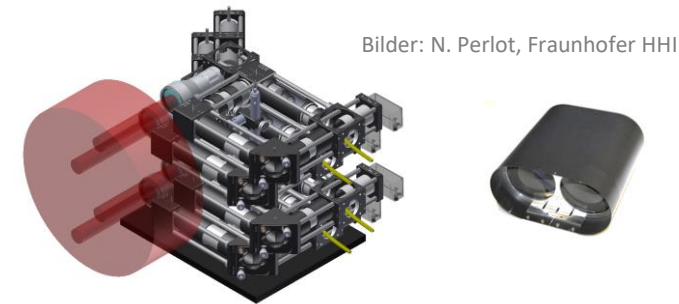
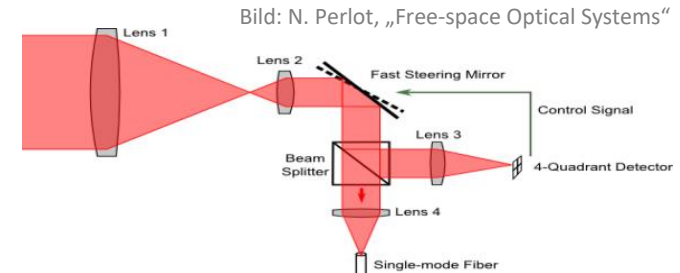


Bild: N. Perlot, „Free-space Optical Systems“

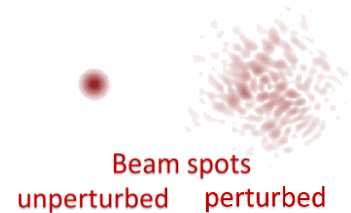
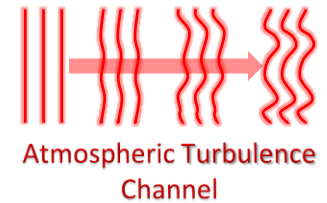
Fragestellungen zu FSO in der F&E

- Stahlausrichtung und adaptive Nachführung
- Reduzierung der Terminalgröße und des Energieverbrauchs (vor allem für Satellitenanwendungen)
- Robuste Modulation & verbesserte Fehlerschutz-Codierverfahren
- Kompensation von atmosphärischen Turbulenzen (Fading)



Atmosphärische Turbulenzen

- Was sind Atmosphärische Turbulenzen?
 - **Lokale Temperaturschwankungen** der Atmosphäre führen zu **Variationen des Brechungsindex** und damit zu **stochastischer Streuung** der Lichtwelle
 - Am Empfänger führt dies zu **zeitabhängigen und zufälligen Amplituden- und Phasenschwankungen** (sog. Fading)



- Möglichkeiten zur Kompensation (Auswahl)
 - **Kompensation durch adaptive Optiken** (deformierbare Spiegel)
 - **Einsatz mehrerer (kleiner) optischer Empfänger und Kombination** der einzelnen Empfangssignale mittels **digitaler Signalverarbeitung**

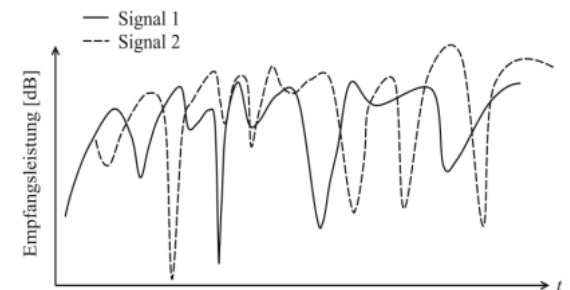
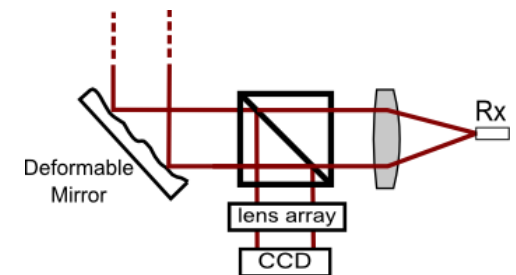
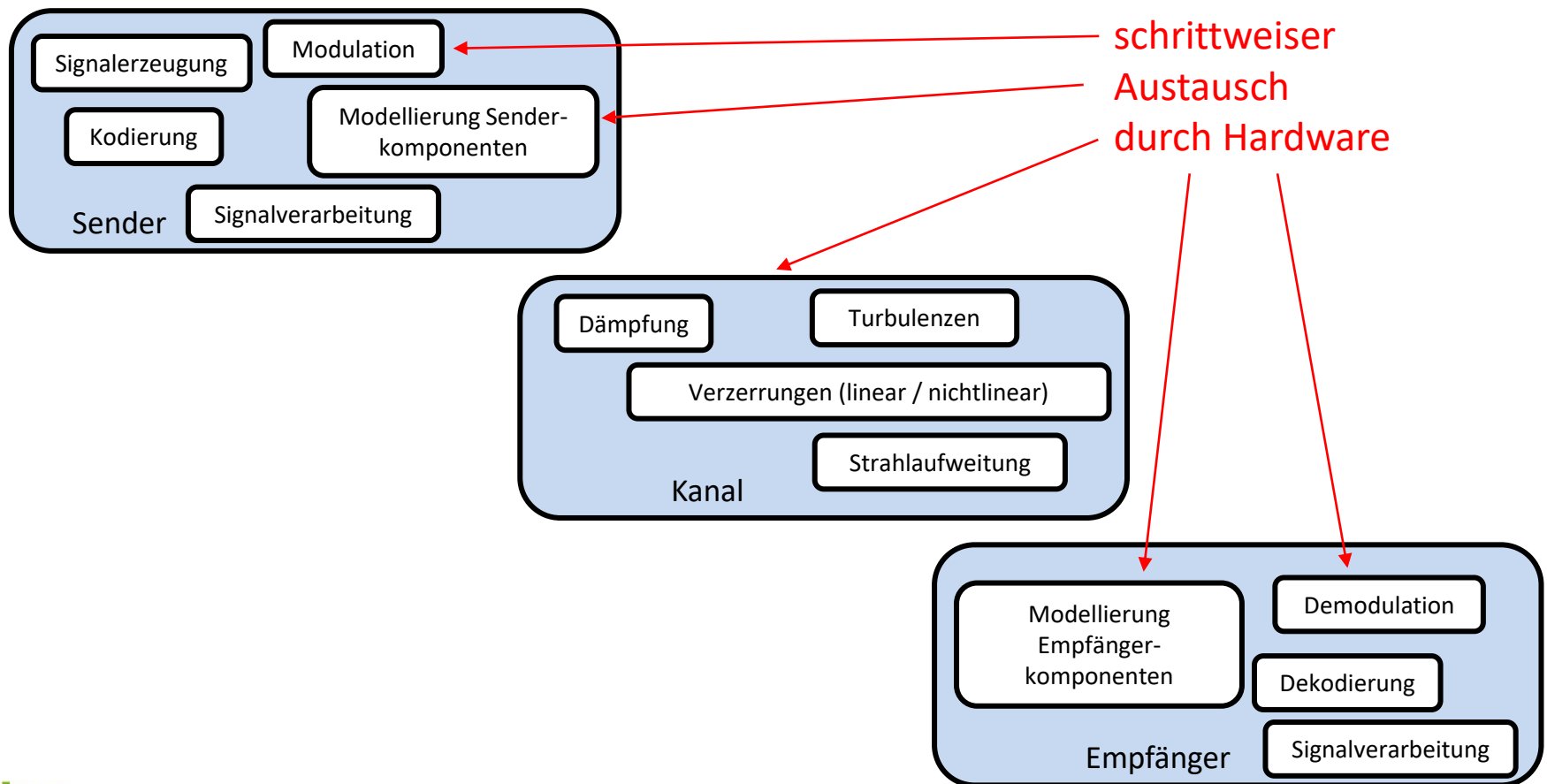


Bild: Geisler et al, „Multi-aperture digital coherent combining for free-space optical communication receivers“ Opt. Express, vol. 24, pp. 12661-12671, 2016

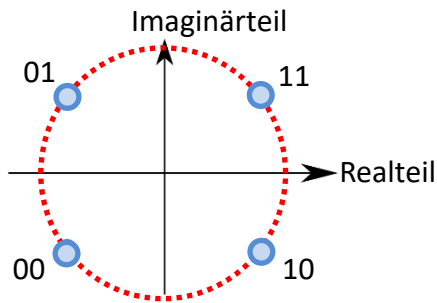
Stand der Arbeiten I

- Entwicklung einer Simulationsumgebung für FSO-Übertragungssysteme inklusive digitaler Signalverarbeitungsalgorithmen
- <https://gitlab.rz.htw-berlin.de/noelle/comm>



Stand der Arbeiten II

- Entwicklung von digitalen Signalverarbeitungsalgorithmen zur
 - Reduzierung von Verzerrungen und Störungen während der Übertragung



Kurzes interaktives Beispiel

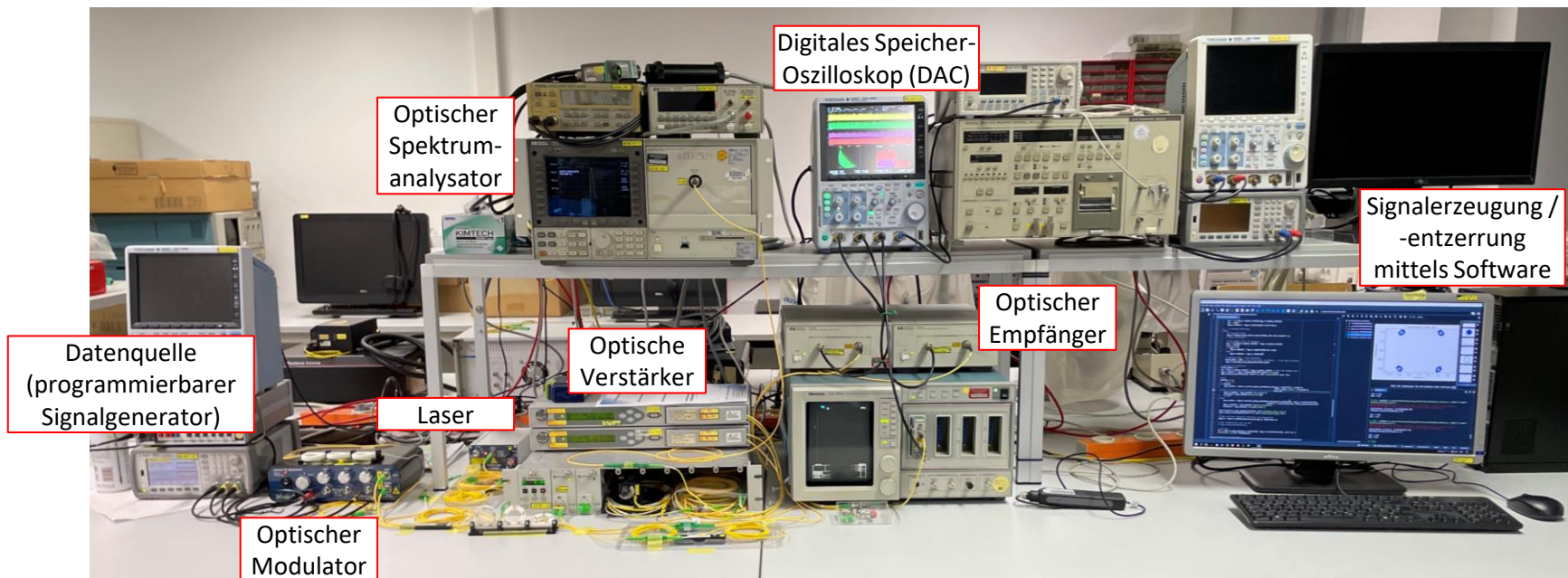
- Nächster Schritt: Kompensation atmosphärischer Störungen

Personen (am FB) mit Interesse an digitaler Signalverarbeitung sind herzlich eingeladen den Code zu benutzen (und sich ggfs. an der Weiterentwicklung zu beteiligen)!

Stand der Arbeiten III

An der HTW

- Beschaffungen zur flexiblen Erzeugung und der Digitalisierung von Signalen im GHz-Bereich abgeschlossen
- Mittels Simulationsumgebung erzeugte Signale können am Sender generiert und am Empfänger wieder digitalisiert werden



- Emulation von Kanalstörungen anstatt einer echten Freistrahlstrecke
- Verifikation von Algorithmen (Proof-of-concept Experimente)

Stand der Arbeiten IV

An der BHT

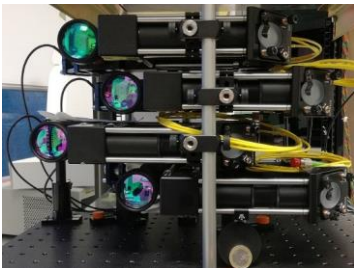
- Planung des Aufbaus eines Sender- / Empfängers für FSO und konventionelle 80 GHz Richtfunkstrecke zw. BHT und HHI

Am FhI für Nachrichtentechnik (HHI)

- Laborequipment für höhere Datenraten
- Feldexperimente an realistischen Übertragungsstrecken



Aerial photo: Google, GeoBasis-DE/BKG, Landsat



Fraunhofer
Heinrich Hertz Institute

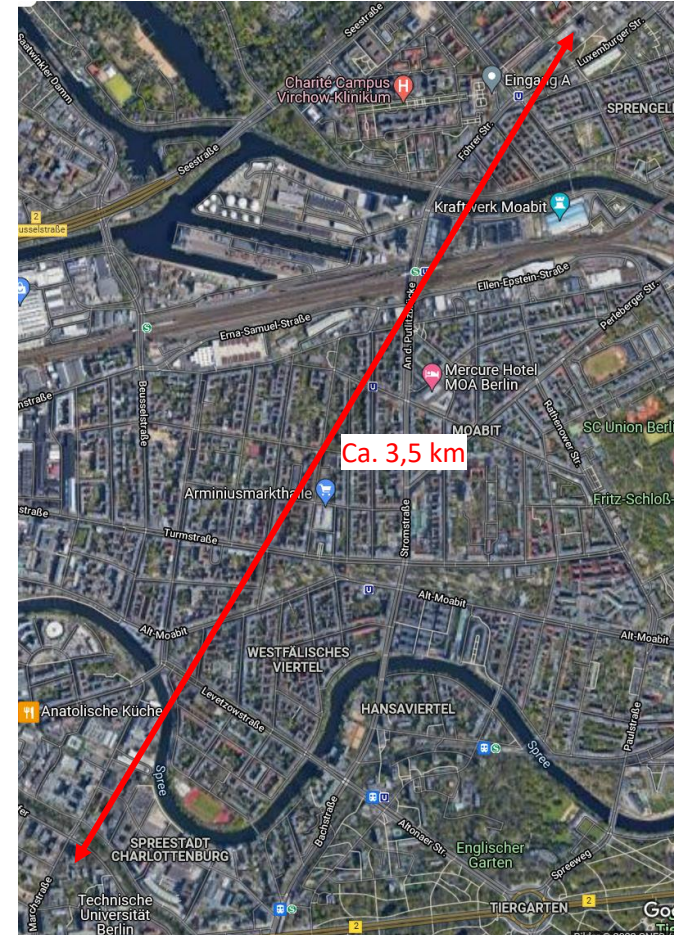


Bild: Google Maps

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit