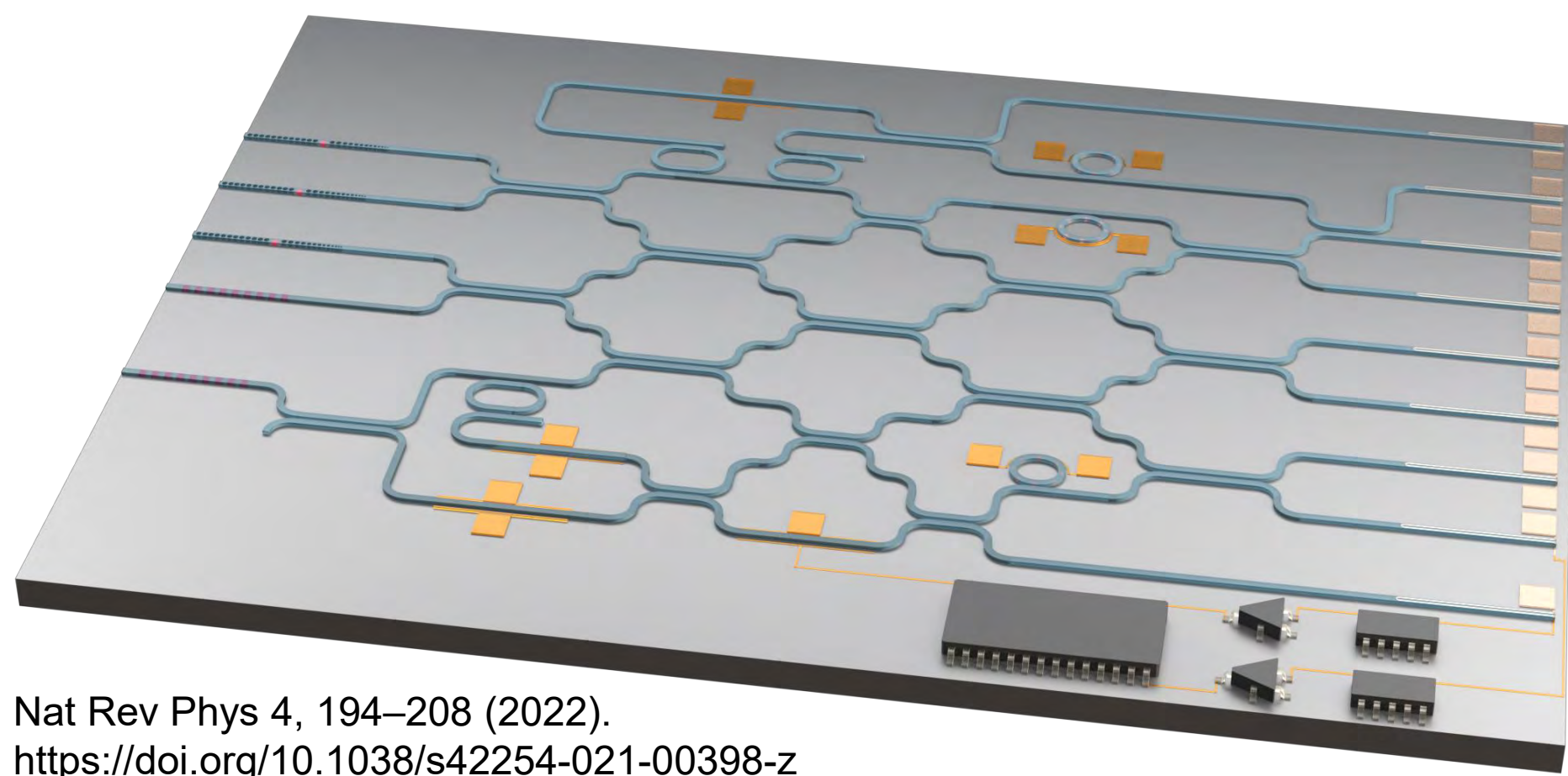


## Cryogenic Fiber to Chip Coupling (CF2CC)

# Effiziente Ankopplung tiefkalter photonischer Chips an die Außenwelt

### 1 Motivation – Photonische Quantensysteme

Skalierbare integrierte Systeme, welche für **photonisches Quantencomputing** benötigt werden, erfordern die Verbindung zwischen kryogenen Computerchips und der Außenwelt.



Nat Rev Phys 4, 194–208 (2022).  
<https://doi.org/10.1038/s42254-021-00398-z>

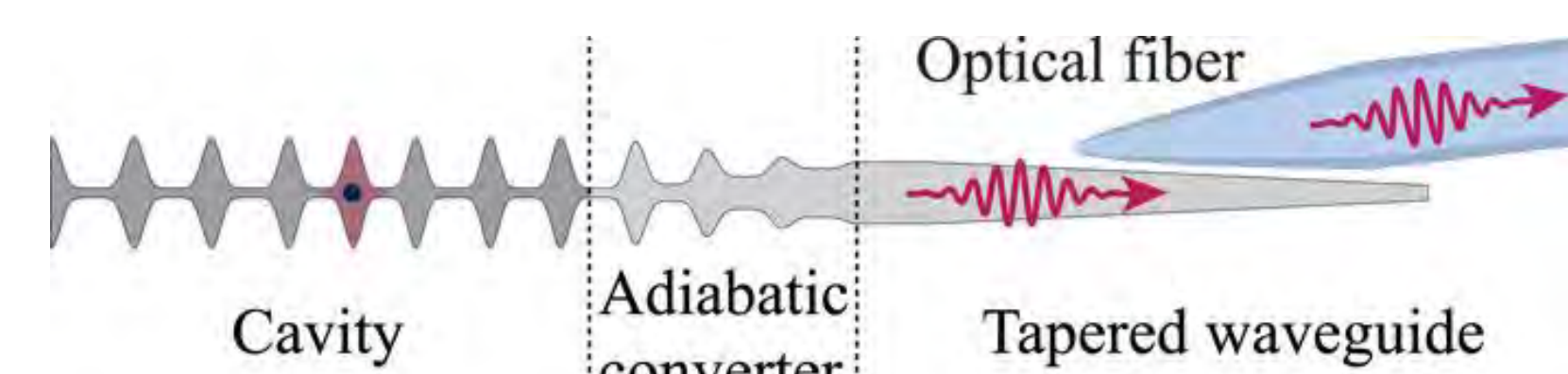
- Hocheffiziente, quasi **verlustfreie** Verbindung ist für photonisches Quantencomputing notwendig, weit unter der klassischen 3dB-Marke.
- Die Faserkopplung bei **kryogenen** Temperaturen stellt eine große Herausforderung dar und es gibt noch keine praktische Lösung.

### 2 Innovation – Adiabatische Faserkopplung

**Nutzung von adiabatischer Kopplung durch evaneszente Felder**  
 Anordnung der optischen Fasern in einem Array und lokaler Einsatz von Verbundklebstoffen mit relativ kleinem Ausdehnungskoeffizienten – es wird eine adiabatische Kopplung angestrebt.

**Heterogene Integration der Faserkopplungsvorrichtung**  
 Die Faserkopplungsvorrichtung wird in die photonischen Strukturen integriert, indem V-Groove Faser-Array-Halter verwendet werden. Faserfacette bleibt freistehend, um eine Verjüngung der Faser zwischen Facette und Array zu ermöglichen.

**Verjüngung von Wellenleiter- und Faserenden**  
 Durch Verjüngung wird erreicht, dass die optische Fasermode nicht durch Streuung beeinträchtigt wird. Dabei werden nasschemische Ätzverfahren verwendet. Bereits **96% Kopplungseffizienz** für einzelne Faserkopplungen experimentell gezeigt.



APL Photonics, 2024;9(3), doi:10.1063/5.0186509

### 3 Zukünftiges Leistungsportfolio der Projektpartner

#### Ferdinand-Braun-Institut

- Effiziente Faserkopplung ist eine disruptive Schlüsseltechnologie für photonische Quantentechnologie.
- Unsere Ergebnisse sind anwendungsübergreifend, über Quantencomputing und photonischen neuromorphisches Computing hinaus.
- Kryogene Faserkopplung ist essenziell für photonisches messbasiertes Quantencomputing, verschränkungs-basierte Quantennetzwerke und Quantenkommunikation.
- Potenzial für klassische photonische Technologieplattformen, sobald automatisierte Assemblierungs- und Packagingverfahren entwickelt sind.

#### Institut für photonische Quantensysteme, Universität Paderborn

- Effiziente Faserkopplung wird für Quantensimulations- und Quantencomputingdemonstratoren in Paderborn zwingend benötigt.
- Bereitstellung von Process Design Kits der verjüngten Bauteile der photonische integrierte Schaltkreise für effiziente Faserkopplung.
- Plattformübergreifendes Design für photonisch integrierte Schaltkreise.

### 4 Ausblick

- Der plattformübergreifende Ansatz ermöglicht Verwendungen für neuromorphes Computing.
- Das Projekt "CF2CC" liefert eine Schlüsseltechnologie für die Realisierung jeglichen photonischen Computings.
- Die Attocube AG hat Interesse an einer effizienten kryogenen Faserkopplung.

### 5 Ansprechpersonen

**Prof. Dr. Tim Schröder**, Ferdinand-Braun-Institut, Berlin  
 E-Mail: [tim.schroeder@fbh-berlin.de](mailto:tim.schroeder@fbh-berlin.de)

**Prof. Dr. Klaus Jöns**, Universität Paderborn, Paderborn  
 E-Mail: [klaus.joens@upb.de](mailto:klaus.joens@upb.de)