

# Kryogene Charakterisierung von SRAM- und DRAM-Speichern

## Cryogenic Systems and Advanced Logic for Quantum Computers (CRYSTAL-QC)

### 1 Kryo-Elektronik für Quantencomputer

Kryogene Qbit-Kontrollelektronik ist die Voraussetzung für höhere Skalierbarkeit von supraleitenden Quantencomputern:

- Raumtemperatur Qbit-Kontrollelektronik außerhalb des Kryostaten führt zu folgenden Problemen:
  - Lange Latenzzeiten
  - Limitierte Qbit-Anzahl durch Wärmeeintrag der Kabel

Aktueller Stand der Technik:

- Keine Schaltungs-/Fehlermodelle für kryogene Transistoren und Speicherzellen (SRAM/DRAM) unter 77 K
- Limitierter Schaltungsentwurf, da Entwurfswerkzeuge auf ausgereifte Schaltungsmodelle angewiesen sind.
- Limitierte Zuverlässigkeit, da keine Fehlermodelle zum Optimieren der Betriebsparameter vorhanden sind.

**Bedarf für kryogene Schaltungs- und Fehlermodelle für SRAM / DRAM unter 77 K**  
 → Messdaten zur Erstellung von offenen Schaltungsmodellen für SRAM / DRAM

### 2 Innovation

Zuverlässige Messdaten als Conditio-sine-qua-non für die Entwicklung von kryogenen Schaltungs- und Fehlermodellen für SRAM-/DRAM-Speicher. Die bestehende Lücke wird verkleinert oder geschlossen durch

- Weltweit erste Messungen von aktuellen kommerziellen Speicherzellen und Speicherbänken bis 4 K
  - Messung ganzer Speicherbänke (inkl. Peripherie) statt Speicherzellen
  - Kommerzielle Off-the-Shelf Komponenten statt Laborprototypen
  - Messungen unterhalb der Siedetemperatur von flüss. Stickstoff (< 77 K)
- Kryo-Messaufbauten für den Test von kompletten Messplatinen bis 4 K
  - Fehleranalyse ganzer DRAM-Module mit Milliarden von Zellen
  - Suche nach optimalen Betriebsparametern für SRAM-/DRAM-Speicher: Auffrischzyklen, Lese-/Schreibspannung, Timing, etc.
  - Geeignete Anpassung der Wärmeentwicklung (> 5 W) auf die aktuelle Kühlleistung (~1.8 W) des Hochleistungskryostaten

### 3 Zukünftiges Leistungsportfolio der Projektpartner

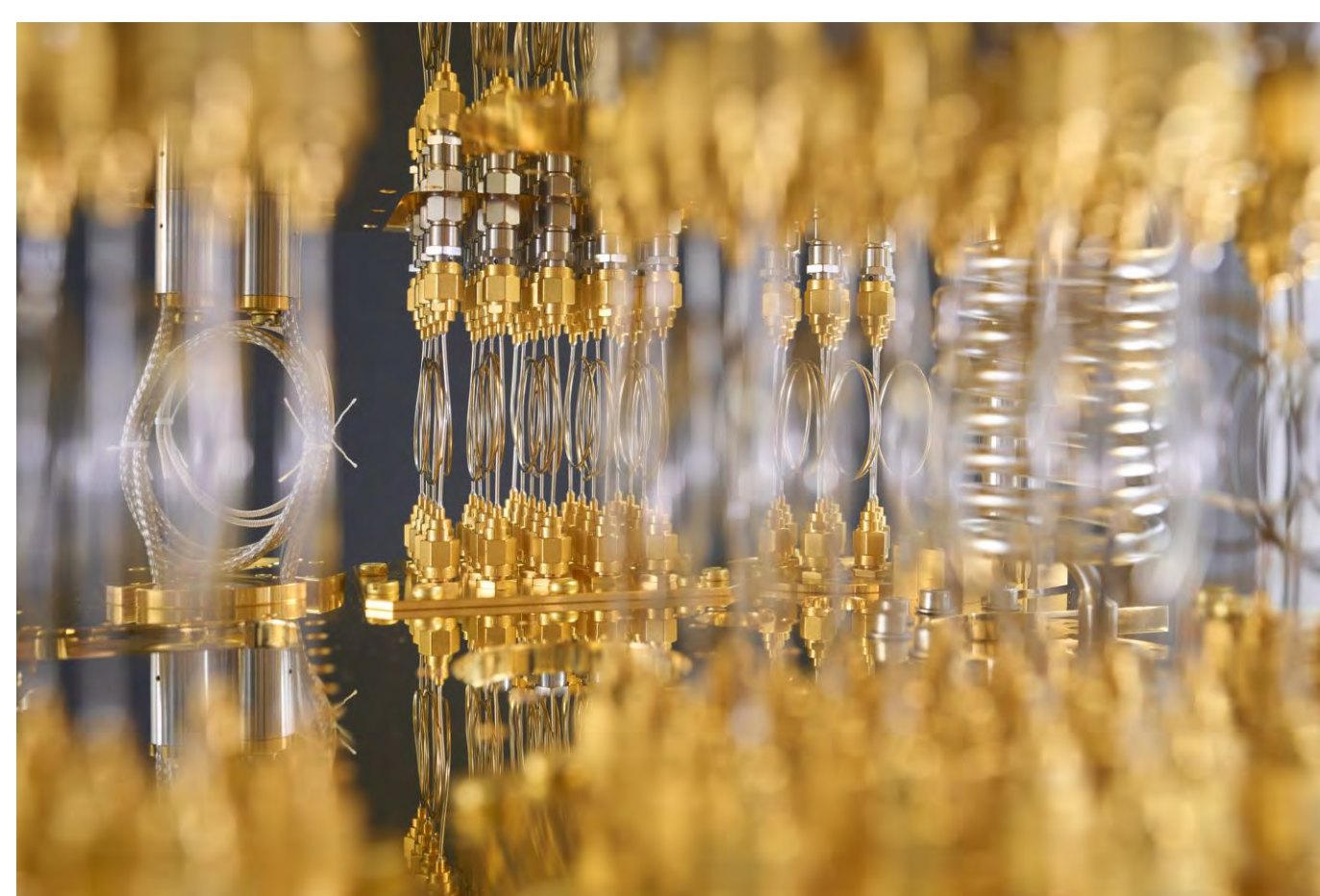
#### Fraunhofer EMFT

- Verfügbarkeit eines Kryo-Messplatzes bis 4 K zum Testen für Speicherzellen (insbesondere auch große Systeme mit erhöhter Verlustleistung)
- Expertise in der der Adaptierung und Messung von Kryo-Elektronik, speziell im Bereich Speicherzellen
- Erfahrung mit Fehleranalyse von Kryo-Elektronik

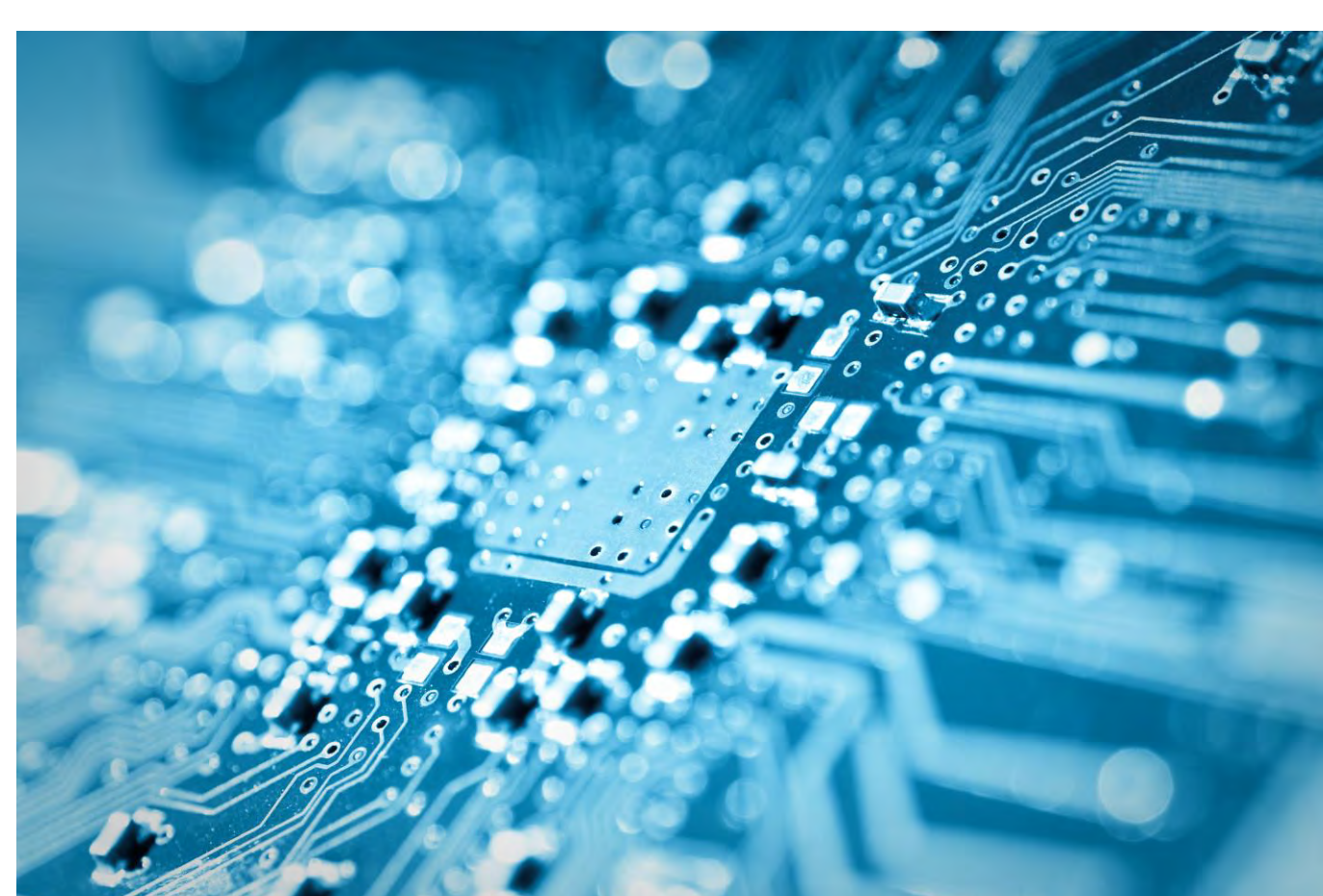
→ Leistungsangebot für Firmen, die Kryo-Elektronik entwickeln oder anwenden

#### Technische Universität München (TUM)

Zukünftige Open-Source Modelle für SRAM- und DRAM-Schaltungen und Fehler bei kryogenen Temperaturen



©MQV / Jan Greun



### 4 Ausblick

Effizienter Entwurf von Hochleistungsschaltungen mit EDA-Tools durch offene Schaltungsmodelle für:

- Skalierbare Quantencomputer durch Qbit-Kontrolllogik in kommerzieller CMOS-Technologie bei 4 K
- Hocheffizientes Hochleistungsrechnen mit kryogenen Mikroprozessoren bei 77 K
- Weitere Anwendungsfelder: Weltraum, IR-Bildgebung

### 5 Ansprechpersonen

**Dr. Daniela Zahn, Dr. Horst Gieser,**  
 Fraunhofer EMFT  
 E-Mail: [daniela.zahn@emft.fraunhofer.de](mailto:daniela.zahn@emft.fraunhofer.de),  
[horst.gieser@emft.fraunhofer.de](mailto:horst.gieser@emft.fraunhofer.de)  
**Dr. Victor van Santen, Prof. Dr. Hussam Amrouch,**  
 Technische Universität München  
 E-Mail: [v.santen@tum.de](mailto:v.santen@tum.de), [amrouch@tum.de](mailto:amrouch@tum.de)