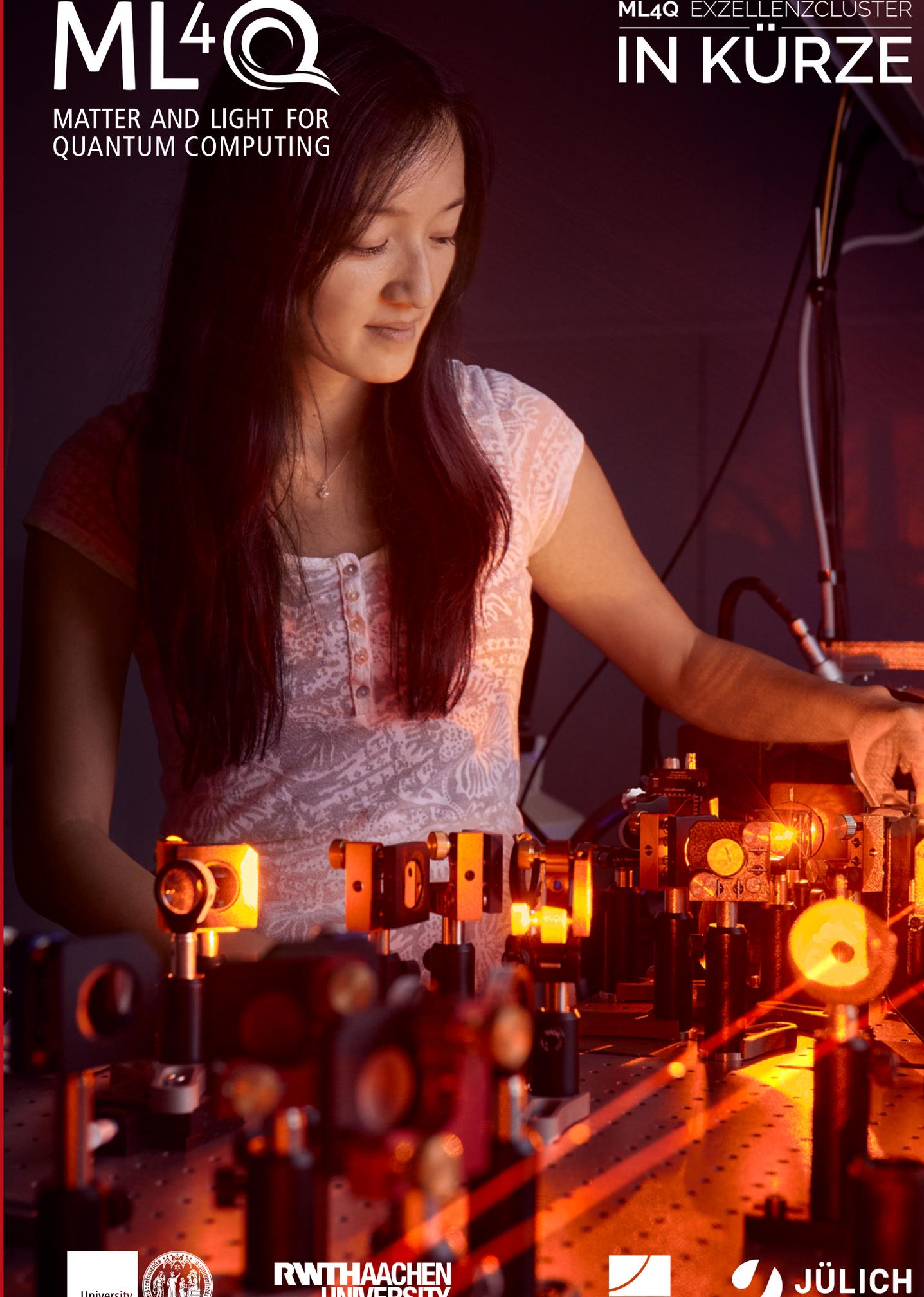


ML4Q

MATTER AND LIGHT FOR
QUANTUM COMPUTING

ML4Q EXZELLENZCLUSTER

IN KÜRZE



RWTHAACHEN
UNIVERSITY



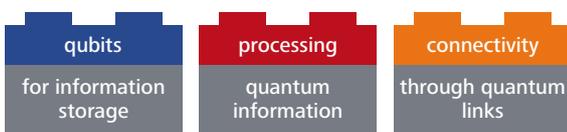
ML4Q IN KÜRZE

ML4Q steht für Matter and Light for Quantum Computing. Der Exzellenzcluster nahm 2019 sein wissenschaftliches Programm auf das die Grundlagen für eine umfassende Quantentechnologie mit Rechen- und Netzwerkfunktionalität schaffen soll. Dabei kollaborieren SpitzenwissenschaftlerInnen aus den Bereichen Festkörperphysik Quantenoptik und Quanteninformation.

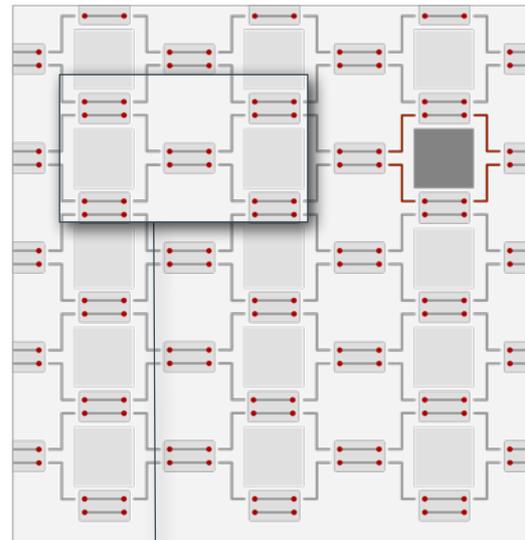
DIE MISSION

Nach Jahrzehnten rasanter Entwicklung werden fundamentale Grenzen in der Miniaturisierung von Computer-Hardware erkennbar. Der ungebremst steigende Bedarf an leistungsfähiger Technologie erfordert neue Lösungsansätze. Auf den Gesetzen der Quantenphysik basierende Technologien werden absehbar eine Schlüsselrolle in diesem Prozess spielen. Rechenleistungen weit jenseits klassischer Computer würden Quantencomputer zu mächtigen Werkzeugen beim Design neuer Materialien und Chemikalien oder der Gewährleistung sicherer Kommunikation machen.

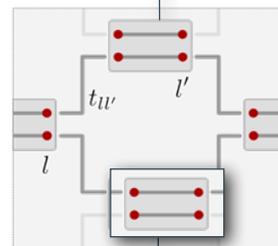
Das langfristige Ziel des Clusters besteht darin Netzwerk- und Rechenarchitekturen zu realisieren, die durch Fehlerkorrekturprotokolle geschützt und schließlich mit einer Quantenversion des Internets verbunden sind. Dieses Ziel bringt eine Reihe an Herausforderungen mit sich, die sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der Technologie in frühen und späteren Stadien bewältigt werden müssen.



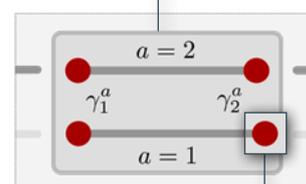
DIE VISION



Die Prozessoreinheiten eines Netzwerks umfassen Arrays von Qubits, deren Implementierung skalierbare Designs erfordert. Wir planen, diese Einheiten bis zum Ende der zweiten Förderperiode zu realisieren.



Die ML4Q Core Projects widmen sich der Entwicklung von Spin-Qubit-Plattformen sowie topologisch geschützten Majorana-Qubits. Letztere stellen eine alternative Plattform dar, die - wenn realisiert - langfristig eine überlegene Leistung verspricht.



Da die auf Majorana basierende Quanteninformationshardware noch in den Kinderschuhen steckt, müssen große Herausforderungen überwunden werden. Dazu gehört die eigentliche Herstellung von Majorana-Qubits.



Auf einer noch grundlegenden Ebene sind die Realisierung und Optimierung von Quantenmaterialien, die die Majorana-Zustände beherbergen, Ziele für die ersten zwei Jahre der Laufzeit.

DAS WISSENSCHAFTLICHE PROGRAMM

Die wissenschaftliche Struktur von ML4Q umfasst vier Schwerpunktbereiche (Focus Areas), die sich jeweils mit einer Reihe spezifischer Probleme befassen, die für die Mission des Clusters relevant sind. Alle Schwerpunkte umfassen sowohl theoretische als auch experimentelle Komponenten und überschreiten die Grenzen von Disziplinen und Institutionen.

● **Focus Area 1** widmet sich der Realisierung von Majorana-Quasiteilchen, die sich als Träger von Quanteninformation besonders eignen, in topologischen Phasen von Festkörpern und kalten Atomen.

● **Focus Area 2** zielt darauf ab, Majorana-Qubits als vielversprechende Alternative zu supraleitenden Qubits oder Spin-Qubits zu realisieren. Parallel dazu werden Protokolle zum Auslesen, Manipulieren und Fehlerkorrekturen entworfen.

● **Focus Area 3** entwickelt Konzepte zum Schutz von Quanteninformation und untersucht den Betrieb von Quantengeräten unter realistisch vorhandenen Störfaktoren und erforscht topologische und rechnerische Quantenmaterie, die einem externen Antrieb ausgesetzt ist.

● **Focus Area 4** konzentriert sich auf die Verknüpfung von Quantenverarbeitungseinheiten. Insbesondere werden Schritte unternommen, um integrierte atomare / optische und Festkörperplattformen zu realisieren und Quantenverbindungen zwischen heterogenen Qubit-Setups zu implementieren.

NACHWUCHSWISSENSCHAFTLER

Die Gewinnung und Bindung der besten jungen Talente durch wettbewerbsfähige Karrieremöglichkeiten hat für ML4Q oberste Priorität. Aktuelle Angebote umfassen:

- Stipendien für Studenten
- Independence grants für Postdoktoranden
- Neue tenure-track Professuren
- ML4Q Research School mit einem Clusterspezifischen Kursprogramm, z.B. Vorlesungsreihe Platforms for Quantum Technologies für Masterstudenten
- Masterstudiengang für Quantentechnologien in Aachen sowie Vertiefungsvorlesungen in Quantentechnologien in Bonn und Köln

BETEILIGTE INSTITUTIONEN

ML4Q ist ein Verbund der Universität zu Köln, der Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, der RWTH Aachen sowie des Forschungszentrum Jülich. Partnerinstitutionen sind die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen sowie das Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR in Wachtberg..

FÖRDERUNG

ML4Q wird im Rahmen der Exzellenzstrategie durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) seit 2019 gefördert. Die erste Förderlaufzeit endet in 2025.

ML4Q
IN
ZAHLEN



237

MITGLIEDER UND ASSOZIIERTE
MITGLIEDER



PROFESSOR*INNEN



100

DOKTORAND*INNEN



POST-
DOKTORAND*INNEN



90

INTERNATIONALE
WISSENSCHAFTLER*INNEN



WISSENSCHAFTLERINNEN



FORSCHUNGS-
INSTITUTIONEN



OPEN CALL PROJEKTE UND
INDEPENDENCE GRANTS



MITARBEITER*INNEN IN
TECHNIK UND VERWALTUNG



PUBLIKATIONEN* IN 2021



PUBLIKATIONEN* IN 2021
MIT ZWEI ODER MEHREREN ML4Q
ARBEITSGRUPPEN
(10 STANDORT BERGREIFENDE
PUBLIKATIONEN)

*inkl. Preprints



ANICA HAMER

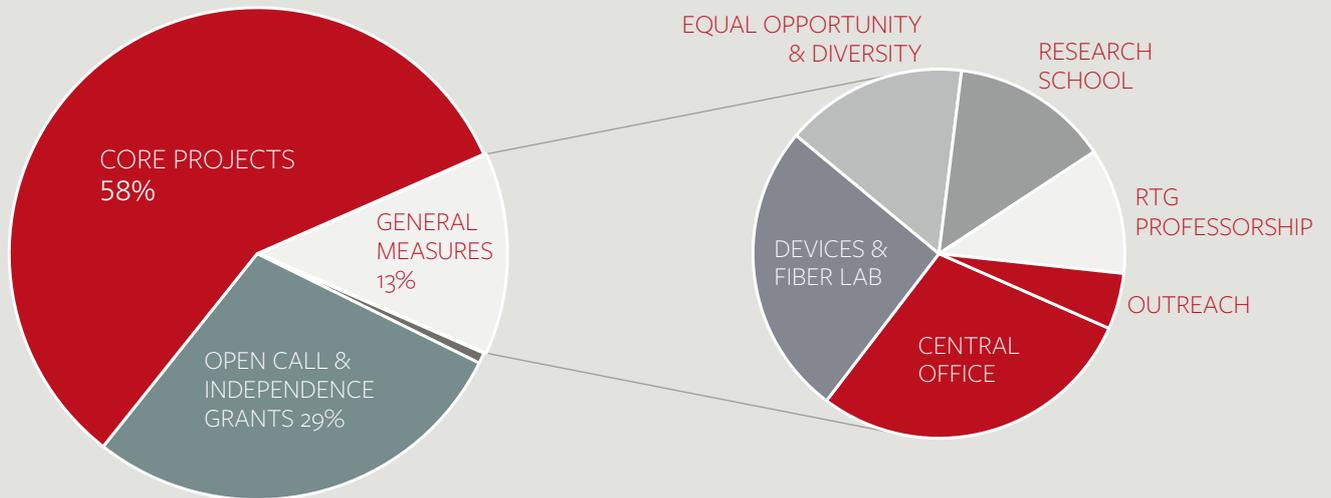
Egal, ob man wie ich ständig im Labor aufräumt oder im Chaos arbeitet, die Stimmung eines Lasers oder anderer launischer Geräte ist unberechenbar.



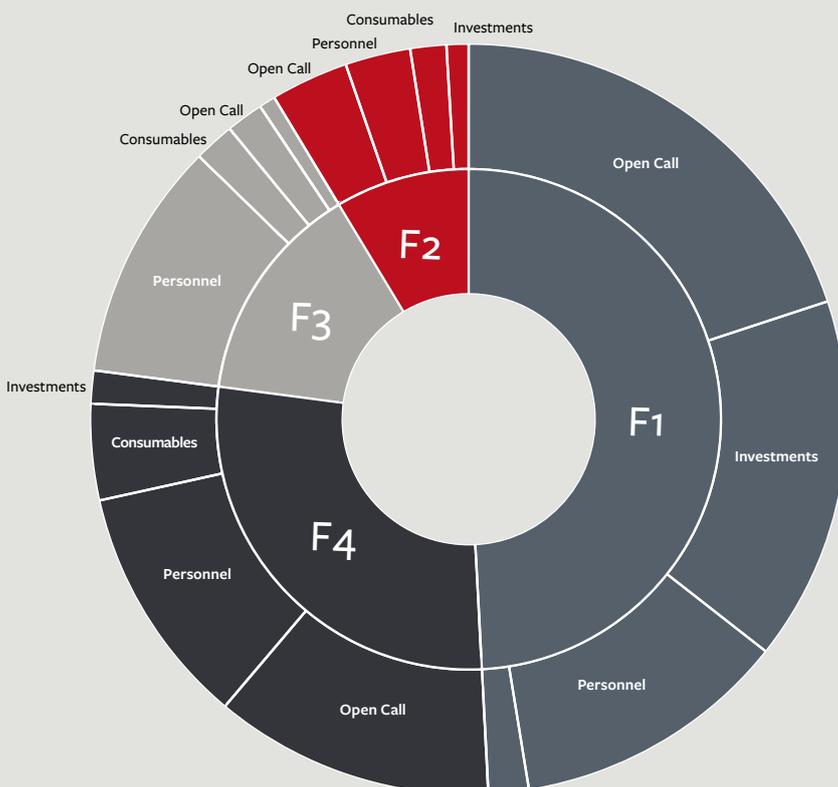
Anica begann ihre Masterarbeit im Jahr 2021 in der Arbeitsgruppe Quantenmetrologie in Bonn unter der Leitung von Simon Stellmer. In ihrem Projekt untersuchte sie die Einzelphotonen-Frequenzkonversion in Zusammenarbeit mit dem Labor von Beata Kardynal am Forschungszentrum Jülich. Ihre Arbeit wurde Anfang 2022 zur Veröffentlichung in Quantum Letters angenommen.

ML4Q IN ZAHLEN

CORE PROJECTS & ZENTRALE EINRICHTUNGEN

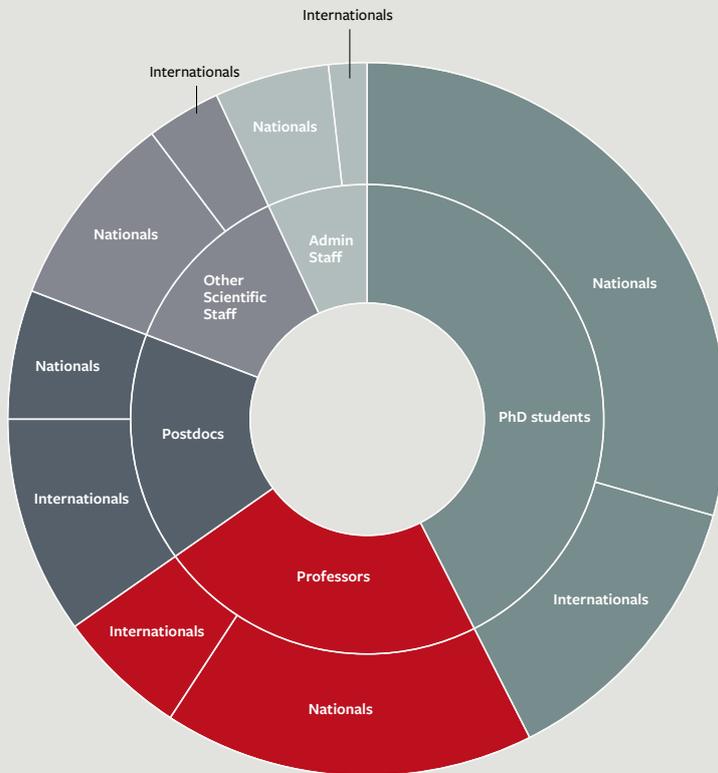


Im Jahr 2021 entfielen 58% der Ausgaben auf Personal, Instrumente und Verbrauchsmaterialien in den Core Projects. 29% wurden 19 Open Call-Projekten und Independence Grants zugewiesen (im Vergleich zu 2% in 2019 und 16% in 2020). Die Ausgaben für unterstützende Maßnahmen (Gleichstellung, Graduiertenschule, Öffentlichkeitsarbeit) sowie das Fiber Lab, ML4Q Devices und die Geschäftsstelle machten wie in den vergangenen Jahren etwa ein Zehntel des Jahresbudgets aus.



Alle Focusbereiche umfassen sowohl theoretische als auch experimentelle Komponenten und bringen somit unterschiedliche Bedürfnisse nach Personal, Verbrauchsmaterialien und Instrumenten mit sich. Dargestellt ist eine Übersicht über die Zuweisung der Projektmittel im Jahr 2021, aufgeschlüsselt nach Focus Area und Kostenart. Alle Focus Areas erfuhren zusätzliches Wachstum durch die Open Call-Projekte.

INTERNATIONALISIERUNG



Alle akademischen Gruppen haben in 2021 ein Wachstum auf nationaler wie internationaler Ebene erfahren. 38% der ML4Q-Mitglieder sind internationale Wissenschaftler*innen aus über 30 Ländern (siehe untenstehende Karte). Wie in den vergangenen Jahren zeigte die Gruppe der Postdoktorand*innen den höchsten Grad an Internationalisierung (62%), während der Anteil internationaler Wissenschaftler*innen in den anderen akademischen Gruppen halb so hoch lag.



- | | | | |
|-----------------------|--------------|---------------|----------|
| ÄGYPTEN | GEORGIEN | LIECHTENSTEIN | SÜDKOREA |
| BELGIEN | GRIECHENLAND | NIEDERLANDE | SPANIEN |
| BOSNIEN & HERZEGOWINA | INDIEN | ÖSTERREICH | SCHWEDEN |
| BRASILIEN | IRAN | PHILIPPINEN | TAIWAN |
| CHINA | ISRAEL | POLEN | TÜRKEI |
| ECUADOR | ITALIEN | RUMÄNIEN | UKRAINE |
| FRANKREICH | JAPAN | RUSSIA | USA |
| | KANADA | SINGAPUR | |

**EXZELLENZCLUSTER MATTER AND LIGHT
FOR QUANTUM COMPUTING (ML4Q)**

SPRECHER

Prof. Yoichi Ando, Universität zu Köln

STANDORTVERTRETER

Prof. Hendrik Bluhm, RWTH Aachen

Prof. Simon Stellmer, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Prof. David Gross, Universität zu Köln

Prof. Detlev Grützmacher, Forschungszentrum Jülich

ML4Q ZENTRALE GESCHÄFTSSTELLE

Universität zu Köln

Pohligstr. 3

50969 Köln

ml4q-office@uni-koeln.de

Tel.: +49 (0) 221 470-3665

www.ml4q.de

twitter.com/ML4Q_cluster

linkedin.com/company/ml4q