



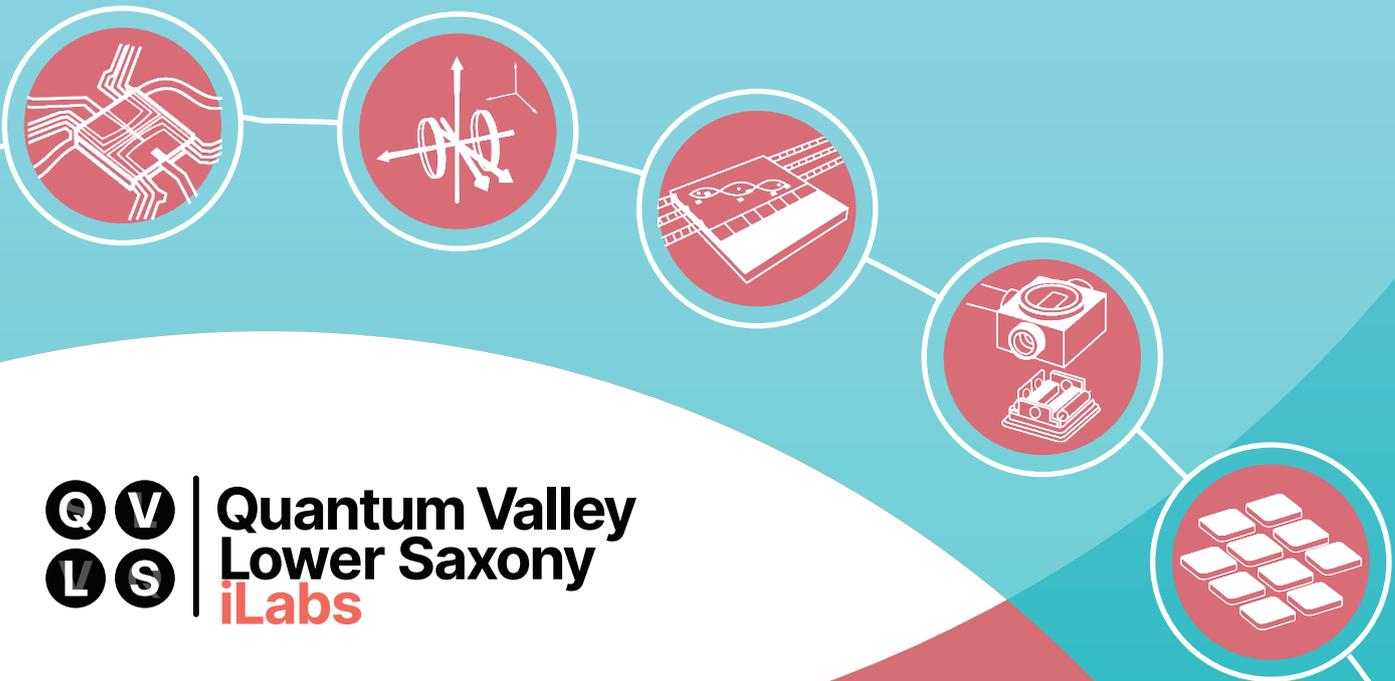
**CLUSTERS  
4 FUTURE**  
Innovationsnetzwerke  
für unsere Zukunft

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

# Strategischer Fortschrittsbericht zum Zukunftscluster QVLS



**Q V** | Quantum Valley  
**L S** | Lower Saxony  
**iLabs**

**2024/2025**

1

## EINFÜHRUNG UND ÜBERBLICK: ENTWICKLUNG DER QUANTENTECHNOLOGIEN UND FORTSCHRITTE DES QVLS

---

- a. Weltweites Wettrennen um die QT 2
- b. Strategie und Stand des Zukunftsclusters QVLS-iLabs 3
- c. Aktuelle Herausforderungen 4

2

## CLUSTERPROFIL, FORTSCHRITTE BEI STRUKTUR UND ORGANISATION DES QVLS

---

- a. Organisation und Governance 6
- b. Strategischer Lenkungskreis 7
- c. Kommunikation 8

3

## FORTSCHRITTE BEI DER UMSETZUNG UND ETABLIERUNG VON QVLS-ILABS

---

- a. Vernetzung des Zukunftsclusters 10
- b. Externe Perspektiven 11
- c. Wissenstransfer & Outreach 12
- d. Fortschritte der Umsetzungsprojekte 16
- e. Fortschritte des Hightech-Inkubators QVLS-HTI 20

4

## EINBETTUNG IN DAS WACHSENDE F&E&I-ÖKOSYSTEM

---

- a. Projekte des Ökosystems 22
- b. Grundlagenforschung und Technologietransfer 23
- c. Open Labs und Testbeds 24
- d. Wissenstransfer 24

5

## AUSBLICK UND NÄCHSTE SCHRITTE

---

- a. Herausforderungen & nächste Schritte 26
- b. Vorbereitung auf die nächste Phase 26
- c. Stand und Perspektiven des QVLS als permanente Struktur 27

# 1

## EINFÜHRUNG UND ÜBERBLICK: ENTWICKLUNG DER QUANTEN- TECHNOLOGIEN UND FORTSCHRITTE DES QVLS

Die Quantentechnologien (QT) und ihr Transfer in Anwendungen gewinnen weltweit weiter an Bedeutung. Bei einer sich ändernden geopolitischen Lage gilt es Europa insbesondere bei den relevanten und innovativen Technologien stark und autark zu positionieren. Zu diesen Technologien zählen die QT und insbesondere das Quantencomputing. Das Quantum Valley Lower Saxony (QVLS) trägt dazu mit seinen verschiedenen komplementären Aspekten bei: QT-Startups treiben Innovationen voran, der Ausbau des Innovationsökosystems aus der öffentlichen Hand schreitet voran, der Zukunftscluster vereint wissenschaftliche und industrielle Akteure, um die QT „made in Lower Saxony“ am Markt zu etablieren und sich den aktuellen Herausforderungen zu stellen.

## WELTWEITES WETTRENNEN UM DIE QT

Die wirtschaftliche Lage in Europa wird zunehmend durch externe Entwicklungen herausgefordert. Der Wirtschaftsraum EU steht unter Druck, so hat laut dem **Draghi-Report** in den letzten 20 Jahren die Lücke in der wirtschaftlichen

wicklungen, gerade für Hightech und Innovationen, die Randbedingungen zunehmend herausfordernder. Als wichtigste Maßnahme, um diesen Herausforderungen zu begegnen, schlägt der Draghi-Report vor:

*„Zuerst – und das ist das Wichtigste – muss Europa seine gemeinsamen Anstrengungen grundlegend neu auf die Schließung der Innovationslücke mit den USA und China ausrichten, insbesondere bei fortgeschrittenen Technologien.“*

Quelle: European Commission



Leistungsfähigkeit, ablesbar am Bruttoinlandsprodukt, gegenüber den USA und China signifikant abgenommen<sup>1</sup>. Darüber hinaus werden durch geopolitische Ent-

Quantencomputing wird als ein bedeutendes Zukunftsfeld hervorgehoben. Gleichzeitig wird jedoch betont, dass keines der zehn führenden Unternehmen in Europa beheimatet ist und die EU trotz guter Ausgangsbedingungen hinterherhinkt. In diesem Zusammenhang wird auch die Rolle von **Startups als wichtige Innovationstreiber** unterstrichen.



Oktober 2024: QVLS-iLabs trifft sich in Braunschweig

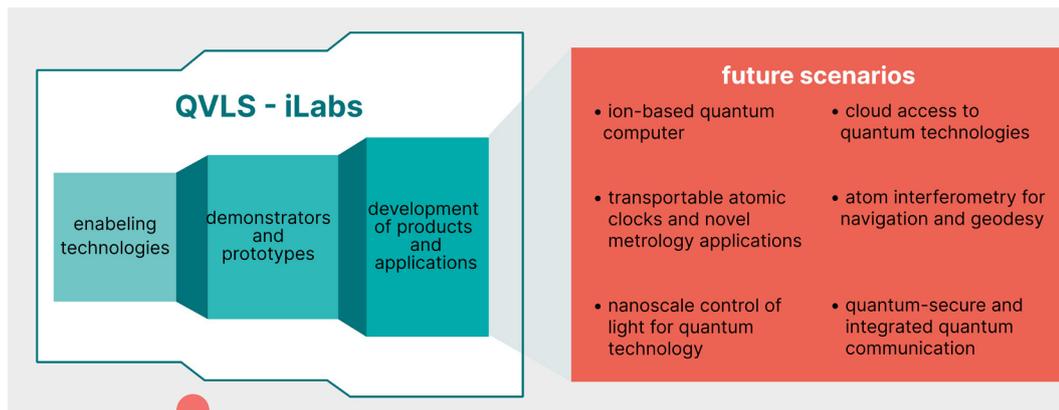
## STRATEGIE UND STAND DES ZUKUNFTS-CLUSTERS QVLS-ILABS

Hier setzt der Zukunftscluster **QVLS-iLabs** an. Eingebettet in das „Handlungskonzept Quantentechnologie“ der Bundesregierung bietet QVLS-iLabs Schlüsselwerkzeuge, um diese Herausforderungen anzugehen: Mit dem 2024 in den Rolleiwerken eröffneten QVLS High-tech-Inkubator gibt es nun eine eigene erstklassig ausgerüstete **Innovationswerkstatt für QT** und die aktuell **elf Startups**. Weitere Startups aus dem Innovationsökosystem zeichnen sich bereits ab.

Die Strukturen des QVLS entwickeln sich weiter, um maßgefertigte Antworten zu geben auf die oben skizzierten Herausforderungen mit dem Aufbau eines Innovationsökosystems im regionalen Schulterschluss, sichtbar zum Beispiel am **QVLS-HTI 2.0** unter Fe-

derführung der Braunschweig Zukunft GmbH mit enger Einbindung in die Governance des QVLS. Mit **QUDORA Technologies GmbH** verfügt eine der Firmen über einen Quantum Computer Simulator und stellt im Rahmen eines Auftrags des DLR bald einen QC Demonstrator für das Forschungszentrum bereit. Mit **Qu-beDot GmbH** durchläuft ein Startup aus dem QVLS erfolgreich das Accelerator-Programm des European Innovation Council. Damit werden erste Meilensteine auf dem Weg zu den **Zukunftsszenarien** erreicht und ideale Bedingungen für die fortgesetzte und geschärfte Strategie geschaffen.

Die **Umsetzungsprojekte** bilden den wissenschaftlich-technologischen Kern des Zukunftsclusters und adressieren Integration und Skalierung von Quantentechnologien mit bahnbrechenden Entwicklungen an der Grenze des Machbaren. Mit zahlreichen Aktivitäten im Umfeld des QVLS wird dies flankiert: Die wissenschaftlichen Grundlagen schafft der **Exzellenzcluster Quantum-Frontiers**, dessen zweite Phase aktuell in



der Begutachtung bei der DFG liegt; die technische Charakterisierung von Komponenten für Industriepartner durch die Forschungseinrichtungen bietet eine komplementäre Zusammenarbeit, die auch von Industrieunternehmen aus dem QVLS genutzt wird; Beiträge zu Standardisierung legen Grundlagen für die Zukunft. Die Gesamtstrategie von QVLS baut auf dem bisher entwickelten Konzept auf und integriert alle relevanten Bereiche. Ziel ist es, eine umfassende Innovationslandschaft zu schaffen, die optimal auf die Bedürfnisse von Industrie und Anwendungen ausgerichtet ist und zukünftige Wertschöpfung ermöglicht.

## AKTUELLE HERAUSFORDERUNGEN

Die internationale Zusammenarbeit wird im Lichte der geopolitischen Herausforderungen zunehmend schwieriger. Dies betrifft die Quantentechnologie in besonderem Maße, da die Technologien durch ihr disruptives Potenzial besondere Wirkung entfalten können und zum Beispiel von Exportkontrollen oder Aspekten der Cybersicherheit betroffen sind. Experten

Auch der **Fachkräftemangel** bleibt eine Herausforderung. Erst durch ausreichend viele und gut ausgebildete und begeisterte Menschen wird der Transfer in die Anwendung umsetzbar. QVLS nutzt hier seine hervorragende Möglichkeiten über innovative Events wie den Quantum Job Afternoon ● junge Forschende mit regionalen Unternehmen zusammen-



von QVLS tragen zu **Positionspapieren**, beispielsweise mit der OECD<sup>2</sup> oder bei der technischen Beratung, zu diesen Fragen bei und gestalten so die Entwicklung mit.

Insgesamt ist die Quantentechnologie kein Sprint, sondern ein Marathon. So ist es auch bei QVLS-iLabs eine zentrale Aufgabe, **die Brücke zur Anwendung** in ausreichend kurzer Zeit zu schlagen und dabei die Anbindung an Forschung und solide Entwicklung sicher zu stellen.

- Das Thema Jobs und Karriere zog 2024 viele Studierende zum Quantum-Job-Afternoon

zubringen. Mit einem aktivem Wissenstransfer in die Wirtschaft, spannende Veranstaltungen für die breite Öffentlichkeit, Unterstützung von akademischer Ausbildung bis hin zu Aktivitäten zur Chancengleichheit geht QVLS die aktuellen Herausforderungen an.

<sup>1</sup> M. Draghi, "The future of European competitiveness", September 2024

<sup>2</sup> [https://www.oecd.org/en/publications/a-quantum-technologies-policy-primer\\_fd1153c3-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/a-quantum-technologies-policy-primer_fd1153c3-en.html)

# 2

## CLUSTERPROFIL, FORT- SCHRITTE BEI STRUKTUR UND ORGANISATION DES QVLS

Das im ersten Kapitel geschilderte Gesamtbild und die dazugehörigen Herausforderungen geben die Rahmenbedingungen vor, an denen das QVLS-Clusterprofil weiter geschärft wird. Nachhaltiges Wachstum und eine sukzessive Verstetigung der Clusterstrukturen sind essenziell für den langfristigen Erfolg des QVLS. Mit dem gemeinnützigen Verein QVLS e.V. ist eine starke Basis gelegt. Der Verein wächst stetig und gestaltet das Quantum Valley Lower Saxony aktiv mit. Neue Möglichkeiten bietet das „HTI 2.0“-Programm der niedersächsischen Landesregierung unter Federführung der Braunschweig Zukunft und im Schulterschluss mit QVLS-Akteuren. Auf der Ebene der Clusterstruktur spielt ein wachsendes Innovationsmanagement eine wichtige Rolle.

## ORGANISATION UND GOVERNANCE

Die Dachorganisation des QVLS, der QVLS e.V., wächst stetig weiter: In den Jahren 2024/2025 konnten zahlreiche neue Mitglieder gewonnen werden, was die Dynamik und Attraktivität des Netzwerks unterstreicht. Der QVLS e.V. freut sich, sechs neue Mitglieder willkommen zu heißen: **QUDORA Technologies GmbH, Q.ANT GmbH, powerBridge Computer Vertriebs GmbH, Quant-X Security & Coding GmbH, Braunschweig Zukunft GmbH, Unternehmerverbände Niedersachsen e.V.** Damit steigt die Zahl der Vereinsmitglieder auf jetzt 17 an.

Das Kernteam des Vereins wurde erweitert, um den steigenden Anforderungen und Aufgaben gerecht zu werden und die Weiterentwicklung aktiv voranzutreiben. Darüber hinaus sind bereits weitere Stellen in Planung, um die Strukturen zu stärken und die Zukunft des QVLS nachhaltig zu gestalten.

Für den Zukunftscluster spielt der Verein eine zunehmend wichtige Rolle - es ist geplant, in der nächsten Phase von QVLS-iLabs durch eigene Kofinanzierung das Clustermanagement gezielt im QVLS e.V. zu etablieren. Dies zeigt den hohen Stellenwert des Zukunftsclusters für den vornehmlich über Mitgliedsbeiträge finanzierten Verein.

Zudem erarbeitet QVLS aktuell das Konzept eines durch eine zukünftige (in der ersten Hälfte des Jahres 2025 er-

wartete) Förderrichtlinie des Landes Niedersachsen erweiterten **"Hightech-Inkubator HTI 2.0"**. Das Ziel ist ein sich selbst tragender, regionaler Innovationshub. Der Ansatz, eine "HTI-GmbH" als eine gemeinsame Tochtergesellschaft des QVLS e.V. und der Braunschweig Zukunft GmbH umzusetzen, ist für die Richtlinie nicht geeignet, da für die Förderung vom Land Niedersachsen das Konzept eines direkt an die Braunschweig Zukunft GmbH angegliederten und themenoffenen Hightech-Inkubators erforderlich ist.

Zur Beratung in diesen aktuellen Fragen haben sich die Partner externe Expertise eingeholt, beispielsweise durch Rechtsberatungen und Austausch mit vergleichbaren Initiativen. Die Aktivitäten dieser neuen Initiative sollen ebenfalls die Räumlichkeiten in den **Rolleiwerken** nutzen können, und so weiter Startups im Bereich der Quantentechnologie, und ggf. darüber hinaus auch in anderen Hightech-Bereichen fördern. Konzepte hierfür werden aktuell erarbeitet. Insgesamt kann so der Übergang der Trägerschaft von einer öffentlichen Einrichtung in eine unternehmerische GmbH vorangetrieben werden. Gleichzeitig zeigt sich die Unterstützung und das Engagement der Stadt Braunschweig bei der Realisierung eines **sich selbst-tragenden Innovationsmotors für QT**.



QUANT-X SECURITY & CODING



**QUDORA**  
TECHNOLOGIES



**Braunschweig**  
Zukunft

**powerBridge**  
Computer



**Q.ANT**



**UVN**  
UNTERNEHMERVERBÄNDE  
NIEDERSACHSEN E.V.

## STRATEGISCHER LENKUNGSKREIS

Der **strategische Lenkungskreis (SLK)** steht dem QVLS beratend zur Seite und zeichnet sich aus durch eine **komplementäre Zusammensetzung aus Wirtschaft und Forschung**. Neben den unten stehenden Mitgliedern bringen weitere Gäste aus den Niedersächsischen Ministerien, der PTB und der VolkswagenStiftung

ihre Perspektive ein. Der SLK wird fortlaufend in die Weiterentwicklung des QVLS einbezogen. Wie in der Konzeptionsphase zu QVLS-iLabs unterstützt der SLK bei der strategischen Ausrichtung von QVLS-iLabs und bei der Auswahl von Umsetzungsprojekten für die nächste Phase.

### Prof. Dr. Reif (Sartorius AG)

Chief Technology Officer und Leiter der Abteilung Corporate Research von Sartorius AG

### Prof. Dr. Ertmer (LUH)

Emeritierter Professor am Institut für Quantenoptik, einer der "Väter" des sogenannten Quantenengineerings, Träger des Niedersächsischen Verdienstkreuzes 1. Klasse

### Dr. Brüning (QubeDot GmbH)

CEO und Mitgründer von QubeDot

### Dr. Schmidt (Niedersachsen Metall)

Hauptgeschäftsführer Niedersachsen Metall - Verband der Metallindustriellen Niedersachsens e.V.

### Prof. Dr. Danzmann (LUH)

Professor am Institut für Gravitationsphysik, Leiter des Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut)

### Prof. Dr. Tünnermann (Fraunhofer-Gesellschaft)

Leitung Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF und Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rats WTR der Fraunhofer-Gesellschaft



|| Aus meiner Sicht steht das QVLS für bahnbrechende Innovationen im Quantensensorik und -computing, eröffnet durch wegweisende Technologien neue Horizonte für industrielle Anwendungen, und stärkt die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie in diesem Feld. Mit der wissenschaftlichen Exzellenz, dem Fokus auf Transfer von Grundlagenforschung zu industrialisierbaren Lösungen und einer engen Kooperation zwischen den beteiligten Forschungseinrichtungen und der Industrie hat QVLS eine führende Position in der Umsetzung von Quantenlösungen zu marktreifen Produkten. ||

|| Im Rahmen des QVLS wurden die Aktivitäten in Hannover und Braunschweig auf dem Gebiet der Quantentechnologien sinnvoll gebündelt - nur so

wurde der schnelle Kompetenzaufbau im Bereich des Quanten Computing ermöglicht. ||



## KOMMUNIKATION

Im Jahr 2024 wurde die Kommunikation weiter optimiert. Der **LinkedIn-Kanal von QVLS konnte 525 neue Follower gewinnen** und zählt nun fast 2.000 Follower. Auf der LinkedIn-Seite wurden im vergangenen Jahr rund 100 Beiträge veröffentlicht.

Auch die QVLS-Webseite wird kontinuierlich ausgebaut und verbessert, und der Veranstaltungskalender ist nun gut gefüllt mit Events aus der Region. Auf der Webseite wurden im letzten Jahr etwa **30 Newsbeiträge** veröffentlicht, und die Frequenz nimmt stetig zu. Die Neugestaltung der QVLS-iLabs-Webseite ist derzeit in Arbeit (geplanter Launch im März) und es wird an einer auf verschiedenen Zielgruppen abgestimmten Außendarstellung gearbeitet. Wichtige Instrumente dafür stellen unter anderem der erste strategische Fortschrittsbericht und die online verfügbare Kompetenzübersicht des Zukunftsklusters und der Umsetzungsprojekte dar. Darüber hinaus wurden ausgewählte Kanäle genutzt, um relevante Ziel-

gruppen für QT und das QVLS zu begeistern. Vorträge für Fachpublikum, wie auf dem Welt-Metrologie-Kongress, dem Quantum Communication Symposium Germany 2024 oder einem Webinar des Wirtschafts- und Handelsbüros der Botschaft von Spanien in Berlin, vermitteln spannende Einblicke ins QVLS. Ebenso dienen auch Medienbeiträge wie der **Beitrag in "Hallo Niedersachsen" des NDRs über QVLS**, ein Bericht im Deutschlandfunk „**Forschung aktuell: Quantenrechner: Start-Up forscht an Gerät zum Mitnehmen**“ oder ein Tagesspiegel-Beitrag **"Ökosystem aufbauen, statt Hype besingen"** dazu, das Quantum Valley Lower Saxony weiter publik zu machen.

Dank öffentlich sichtbarer Veranstaltungen mit politischer Prominenz konnte sich auch die Leserschaft verschiedener Zeitungen, wie der Hannoverische Allgemeinen, der Braunschweiger Zeitung oder von regionalHeute.de über das Quantum Valley Lower Saxony informieren.



# 3

## FORTSCHRITTE BEI DER UMSETZUNG UND ETABLIERUNG VON QVLS-iLABS

Den Kern des Zukunftsclusters bilden die Umsetzungsprojekte, die in den drei **Integration Labs** (iLabs): „Photonic Integration“, „Electronic Integration“ und „Atom and Ion Chip Trap Technology“ organisiert sind. Von generierten Patenten und Erfindungen bis hin zu laufenden Demonstratoren: mit der hier geleisteten Arbeit werden die innovativen Möglichkeiten der QT mit der Industrie umgesetzt. Das „Communication, Connection and Support-Lab“ (c<sup>2</sup>s-Lab) formt den Zukunftscluster und knüpft neue Kontakte zur Industrie, Politik und der breiten Öffentlichkeit. In dieser Wechselwirkung identifizierte Hürden unterschiedlicher Art, wie mangelndes Verständnis der QT bis hin zum Fachkräftemangel werden gezielt adressiert. Im cluster-eigenen Hightech-Inkubator schaffen die Startups aus ihren Ideen erste Prototypen und bringen diese in die Wirtschaft.

## VERNETZUNG DES ZUKUNFTSCLUSTERS

Im vergangenen Jahr hat sich das **Communication, Connection and Support-Lab (c<sup>2</sup>s-Lab)** sowohl innerhalb wie auch außerhalb des Zukunftsclusters weiter als Anlaufstelle etabliert. Einerseits nutzen Partner aus den Umsetzungsprojekten das c<sup>2</sup>s-Lab für Fragen und Unterstützung, andererseits fungiert das c<sup>2</sup>s-Lab als ein Sprachrohr des Zukunftsclusters und der QT in die Industrie, Politik und Gesellschaft.

Die halbjährliche Erhebung von **Key Performance Indicators** zeigt den aktuellen Fortschritt der Umsetzungsprojekte (wie beispielsweise den Stand der Arbeitspakete, aber auch neue Kooperationen und beantragte Patente) und bietet einen direkten Zugang zur fachlichen Arbeit. Diese Ansatzpunkte erlauben nun, ein beginnendes **Clustermanagement**, ausgerichtet an der fortlaufend weiterentwickelten Strategie, weiter aufzubauen.

Zur internen Vernetzung stand beim Onlinetreffen im Mai der Austausch über den aktuellen Stand der Projekte im Fokus, während im Oktober an der PTB die Weichen für die **Planung der zweiten Phase von iLabs** gestellt wurden. In zahlreichen Vorträgen sowie während der

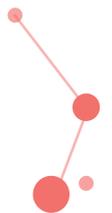
Postersession nutzten alle Beteiligten die Gelegenheit zum intensiven Austausch. Insbesondere eingeladene potenzielle neue Partner konnten QVLS-iLabs aus erster Hand kennenlernen und konkrete Anknüpfungspunkte identifizieren. Mit Unterstützung externer Coaches wurden im Rahmen eines Design-Thinking-Workshops die Bedarfe und Wünsche des Zukunftsclusters an innovationsbegleitenden Maßnahmen für die kommende Projektphase ermittelt und diskutiert.

Nach anfänglicher Kennenlernphase wächst der Zukunftscluster nun weiter zusammen. Die Synergien zwischen den Projekten werden auch abseits von großen Treffen aktiv gehoben und gefördert. Von fachlichem Austausch und Diskussionen bis hin zu konkreter technischer Zusammenarbeit tragen die Bemühungen Früchte. Hier hilft die Organisation der Umsetzungsprojekte in die einzelnen iLabs für fokussierte Veranstaltungen wie zum Beispiel zum technischen Austausch oder zu Verwertungsszenarien. Neben den **geplanten und bereits aktiv genutzten Synergien** sind im letzten Jahr auch zusätzliche Kooperationen zwischen den Projekten geschaffen worden.

Synergien zwischen den Umsetzungsprojekten

	SCILINE	Dip-QT	Q-PIC	QBatt	KOAQS	Q-Gala	SiQT	HIQS	INTEGER	KOFREF
SCILINE		*	*	*			*			
Dip-QT	*		*	*	*	*	*		*	*
Q-PIC	*	*					*			
QBatt	*	*						*		*
KOAQS		*				*		*	*	*
Q-Gala		*			*				*	
SiQT		*	*						*	
HIQS				*					*	*
INTEGER		*			*	*	*	*		
KOFREF		*			*			*		

bis September 2024 umgesetzt
  bis März 2024 umgesetzt
  Noch nicht umgesetzt
 \* angedachte Synergie



## EXTERNE PERSPEKTIVEN

Realistische und neutrale Einordnungen des Zukunftsclusters im nationalen und internationalen Vergleich sind ein **wichtiges Werkzeug**, um konkurrenzfähig zu sein und zu bleiben. Die ersten diesbezüglichen Ergebnisse wurden vom Institut für Innovation und Technik (iit) und dem European Quantum Industry Consortium (QuiC) geliefert und gehen in die Weiterentwicklung der Strategie von QVLS-iLabs ein.



Erfolgreiche Postersession während des Clustertreffens von QVLS-iLabs im Oktober 2024 an der PTB

Auf nationaler Ebene hob das iit die **regionale Nähe als eine zentrale Stärke** hervor. Eine durchgeführte Studie unter FuE-aktiven Unternehmen in der Region Hannover-Braunschweig zeigte, dass der Zukunftscluster sein regionales Partnerpotenzial bereits weitgehend gehoben hat: 75 % der stark FuE-orientierten Unternehmen sind Teil des QVLS. Das übrige wirtschaftliche Potenzial der Region weist jedoch thematisch nur geringe Anknüpfungspunkte zu den Entwicklungen des QVLS auf. Daher ist es für QVLS-iLabs entscheidend sowohl überregionale Industrie einzubinden wie auch Ausgründungen zu fördern. Ein Benchmark der QT-Initiativen auf Länderebene zeigt, dass QVLS-iLabs die zur Verfügung

stehenden Ressourcen am effizientesten nutzt um ein tragfähiges Netzwerk zu errichten. QVLS verfügt über eine reichweitenstarke Followerschaft auf LinkedIn und ist in den Bereichen der Bildung und Nachwuchsförderung mit dem Munich Quantum Valley Vorreiter. Allerdings sollte der Fokus weniger auf regionaler Konkurrenz liegen, sondern vielmehr darauf, Deutschland als Spitzenstandort für QT und die QT-Industrie im europäischen und internationalen Vergleich weiter zu stärken. Hierzu trägt auch der regelmäßige **informelle Austausch der QT-Länderinitiativen** bei, an dem QVLS durch den Verein aktiv beteiligt ist.

Als Schwäche wurde u.a. eine aktuell unklare Haltung einiger Beteiligter zu Dual Use erkannt. Zum Beispiel stellt die Atominterferometrie für die Verteidigungsindustrie ein interessantes Thema dar. Hierzu finden aktuell Strategieentwicklungen bei den verschiedenen Akteuren innerhalb des QVLS statt.

Im **internationalen Vergleich** ist QVLS bereits **gut positioniert** – so die Analyse von QuiC. Laut QuiC sollte eine stärkere Vernetzung von Startups mit potenziellen Investoren angestrebt werden, und der QVLS e.V. sollte verstärkt an der Verstärkung seiner Strukturen arbeiten, um die langfristige Etablierung zu sichern. Ein Schritt in die Richtung wird durch den Folgeantrag des QVLS-Q1 Projektes unternommen. In QVLS-BRIQ soll die Position des QVLS e.V. als zentrale QT Anlauf- und Geschäftsstelle weiter gestärkt werden. Dies beinhaltet neben Maßnahmen zu Kommunikation und Koordinierung von QT Aktivitäten auch regelmäßige Networking-Events u.a. mit Risikokapitalgebern, sowie Internationalisierungskampagnen, um ausländische QT-Unternehmen in der Region anzusiedeln.

## WISSENSTRANSFER & OUTREACH

Der Wissenstransfer und die gezielte Ansprache verschiedener Zielgruppen sind **essenzielle Bestandteile der Strategie von QVLS-iLabs**. Outreach-Aktivitäten fördern nicht nur das Verständnis und die Akzeptanz der Quantentechnologie in Gesellschaft, Politik und Industrie, sondern tragen auch dazu bei, junge Talente für diesen zukunftssträchtigen Bereich zu begeistern und langfristige Partnerschaften aufzubauen.

Zu den Höhepunkten der QVLS-Aktivitäten 2024 gehören die Quantum Week, die Quantum Future Academy, ein vom BMBF initiiertes Format zur Förde-

rung der nächsten Quantenforscher:innen-Generation, das 40. Braunschweiger Unternehmertagesgespräch, das den Dialog mit regionalen Wirtschaftsexpert:innen stärkt, sowie die Organisation der Quantengemeinschaftsfläche auf der HANNOVER MESSE, ein internationales Schaufenster für technologische Exzellenz. Diese und weitere Veranstaltungen haben dazu beigetragen, das Netzwerk von QVLS zu erweitern, die Sichtbarkeit des Zukunftsclusters zu erhöhen und neue Impulse für die Weiterentwicklung der QT zu setzen.

**Zielgruppe:**  
Gesellschaft  
Politik  
Studierende

**Teilnehmende:**  
insgesamt  
über 300

**QUANTUM WEEK:** Anlässlich des World Quantum Day am 14. April wurde nicht nur dieser Tag gefeiert, sondern gleich eine ganze Woche rund um das Thema Quantentechnologie gestaltet. Die **erstmalig durchgeführte Quantum Week** bot zahlreiche Veranstaltungen, die QT der breiten Öffentlichkeit, der Politik (siehe Eröffnung des QVLS-HTIs) und der Region zugänglich machten. Sie schärfte das Bewusstsein für die gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Relevanz der QT und zeigte das Ökosystem von QVLS in seiner ganzen Vielfalt.

Beim **öffentlichen Abendvortrag** konnten Braunschweiger:innen hautnah erfahren, wer vor Ort Ionen fängt, welche Fallen dafür aufgestellt werden und zu welchen Zwecken diese Technologie dient. Anschließend hatten alle die

Möglichkeit, selbst aktiv zu werden. Eine Vielzahl von Exponaten – von mechanischen Modellen über beeindruckende elektrische Teilchenfallen bis hin zu virtuellen Laborführungen mittels VR-Technologie – luden dazu ein, das Erfahrene zu vertiefen, sich auszutauschen und neue Perspektiven zu entdecken.

Der Austauschabend **„Women in QT“**

richtete sich speziell an junge Studentinnen und angehende Quantenforscherinnen. Der Austausch über persönliche Erfahrungen und den eigenen Karriereweg – ob in der Industrie, in der Forschung oder in der Wissenschaftskoordination – der beteiligten Frauen sowie das Netzwerken standen hier im Vordergrund. Die Teilnehmerinnen lernten verschiedenen Karrierewege kennen und vor allem, dass es mehr „Women in QT“ gibt, als gedacht.



Im phaeno Science Center konnten Besucher:innen das neu installierte interaktive Kunstwerk Quantum Jungle erleben, das spielerisch die Quantenwelt näherbringt. Beim **Meet the Scientist** tauschten sich Wissenschaftler:innen aus dem Quanten Valley mit den Gästen aus. Schüler:innen der Region vertieften ihr Wissen über Quantenkryptographie in spannenden **Masterclasses**, die das Thema lebendig und praxisnah



außerhalb des Klassenzimmers erfahrbar machen. Der krönenden Abschluss der Quantum Week war die gut besuchte **Science Watch Party**. Braunschweiger:innen aller Altersgruppen schauten sich unter dem Motto „Quantenphysik in Hollywood“ Film-Ausschnitte an, während eine Quantenphysikerin aus dem QVLS die wissenschaftlichen Hintergründe auf unterhaltsame Weise erklärte.

**QUANTUM FUTURE ACADEMY:** QVLS richtete die Quantum Future Academy (QFA) aus. Eine Woche lang erhielten ausgewählte Studierende exklusive Einblicke hinter die Kulissen von Wissenschaft und Industrie und erlebten hautnah die Zukunft der Quantenforschung in der Region Hannover-Braunschweig und darüber hinaus. Die QFA ist eine **Nachwuchsakademie des BMBF** mit dem Ziel, Studierende aus allen relevanten MINT-Disziplinen frühzeitig für die Möglichkeiten der anwendungsorientierten QT zu begeistern. Bei der QFA im QVLS erhielten Studierende aus ganz Deutschland Einblicke in führende **Forschungseinrichtungen** und hatten die Gelegenheit, direkt mit Forscher:innen aus dem QVLS in Kontakt zu treten. Spannende **Industriebesuche** führten zu innovativen Unternehmen und dem QVLS Hightech-Inkubator in Braunschweig, wo die Studierenden Gründer:innen hautnah erleben konnten. **Outreach-Höhepunkt** war der Prototyping-Workshop, der die praktische Anwendung von Quantensensorik in den Mittelpunkt stellte. Dabei wur-

den die Studierenden von professionellen Coaches und Expert:innen aus dem QVLS-Ökosystem begleitet, um gemeinsam innovative Lösungen zu entwickeln und diese vor Publikum und einer Jury zu pitchen. Die Woche wurde durch abwechslungsreiche **Social Events** abgerundet, darunter ein Kochevent und ein Besuch im Varieté-Theater. Damit inspirierte das QVLS Studierende aus ganz Deutschland und konnte zugleich wertvolle neue Kontakte knüpfen.

Die QFA besucht den QVLS-HTI und erhält spannende Einblicke in das Thema Unternehmensgründungen in den Quantentechnologien

- Zielgruppe:** Studierende
- Teilnehmende:** 30



**Zielgruppe:**  
Studierende  
Industrie

**Teilnehmende:**  
rund 60

**QUANTUM JOB AFTERNOON:** Der essenziellen **Fachkräftesicherung** widmete sich QVLS-iLabs mit einem neuen Format: dem Quantum Job Afternoon. Gemeinsam mit dem Exzellenzcluster QuantumFrontiers lud der Zukunftscluster Studierende aus der Region ein, sich über **berufliche Perspektiven** zu informieren, Kontakte zu knüpfen und die Potenziale der zukunftsweisenden QT

kennenzulernen. Nach kurzer Selbstvorstellung der beteiligten Unternehmen nutzen die Studierenden die Gelegenheit des persönlichen und **direkten Austausches mit den Unternehmen**. Insbesondere die QVLS Industriepartner QUDORA Technologies, TÜV Informationstechnik GmbH (TÜVIT) und Geo++ GmbH nutzen die Gelegenheit, sich den Studierenden als attraktive Arbeitgeber zu präsentieren.

**Zielgruppe:**  
Industrie

**Teilnehmende:**  
rund 160

**Kommentar auf LinkedIn:**  
*"das fand ich spannend, dass das Thema [QT] dann doch auch den Bereich der kritischen Infrastruktur berührt, wo ich ja tätig bin"*

**40. BRAUNSCHWEIGER UNTERNEHMESGESPRÄCH:** Dank enger Partnerschaften mit der Stadt Braunschweig und Braunschweig Zukunft gelang es, das Thema **Quantentechnologien erstmalig** in den Mittelpunkt des Braunschweiger Unternehmensgespräches zu stellen. Im Beisein von Niedersachsens Wissenschaftsminister Mohrs und Braunschweigs Oberbürgermeister Dr. Kornblum gab QVLS spannende Einblicke in die Welt der QT. Dabei lag der Fokus neben den **globalen Marktpotenzialen** der neuen Technologien auf den vielfältigen

Aktivitäten des QVLS. Das mediale Feedback von unterschiedlichen Stellen zeigt den Erfolg des Abends.



V.r.n.l.: Braunschweigs Oberbürgermeister Dr. Kornblum, Niedersachsens Wissenschaftsminister Mohrs, PTB-Präsidentin Prof. Dr. Denz und Herr Leppa, Geschäftsführer der Braunschweig Zukunft GmbH

**Zielgruppe:**  
Industrie  
Politik  
Gesellschaft

**Fläche:**  
rund 500m<sup>2</sup>

**Besucher:**  
Niedersächsischer Wissenschaftsminister Mohrs  
PTB-Präsidentin Prof. Dr. Denz  
Vorstandsvorsitzender der TÜV Nord AG Herr Stenkamp

**QUANTENGEMEINSCHAFTSFLÄCHE AUF DER HANNOVER MESSE:** Der QVLS organisierte die Quantengemeinschaftsfläche auf der HANNOVER MESSE und setzte damit einen beeindruckenden Meilenstein. Zusammen mit renommierten Partnern bot QVLS eine Plattform, die QT Endnutzer:innen, Industriepartner, Quanten-Enthusiasten, politische Entscheidungsträger:innen und Studierende gleichermaßen begeisterte. Zu den **vielseitigen Messeständen** gehörten führende Akteure wie die PTB, Wissensvermittler:innen wie Fraunhofer IMW und QTIndu sowie innovative Unternehmen der QT-Industrie, darunter Pixel Photonics und SaxonQ. Auch regionale Initiativen wie Quan-

tumbW und Munich Quantum Valley sowie Startups aus dem QVLS High-tech-Inkubator waren prominent vertreten. Inspirierende Exponate, darunter Beiträge des phaeno Science Centers, rundeten die Ausstellungsfläche ab. Außerdem spielte das QVLS eine zentrale Rolle bei der Gestaltung des Programms auf der **TechTransfer Stage** und trug mit einer Vielzahl eigener Beiträge maßgeblich zum Erfolg bei. Die Präsentationen deckten ein breites Spektrum ab – von politischen Themen über industrielle Anwendungen bis hin zu Weiterbildung. Darüber hinaus stellten sich relevante Ökosysteme vor und zahlreiche Startups präsentierten ihre innovativen Ideen und Lösungen.

**BESUCH DER BRAUNSCHEIGER WIRTSCHAFTSJUNIoren:** Im Dezember informierten sich die Wirtschaftsjunioren Braunschweig bei einem Vor-Ort-Besuch über QT, insbesondere den aktuellen Stand des Quantencomputings im QVLS. Der Abend bot zahlreiche anregende Diskussionen und **erhellende Momente für die jungen Unternehmer:innen**

nen und (Nachwuchs-)Führungskräfte. Darüber hinaus tragen Webformate wie die **Online-Innovations-Lunchbox** von hannoverimpuls zum Thema „Die Quantentechnologien der 2. Generation – Ein kurzer Überblick über Potenziale, Chancen und Risiken“ dazu bei, das Thema schrittweise in der etablierten Industrie zu verankern.

**Zielgruppe:**  
Industrie

**Teilnehmende:**  
30 vor Ort  
50 online

**DAS QUANTENJAHR 2025 IN NIEDERSACHSEN:** Anlässlich des 100-jährigen Jubiläums der Formulierung der Quantenmechanik im Jahr 1925 hat die UN das Jahr 2025 zum internationalen Jahr der Quantenwissenschaft und -technologie erklärt. **Das Quantenjahr 2025 wird auch im QVLS gefeiert** und der Zukunftscluster plant eine Vielzahl spannender Aktivitäten und Veranstaltungen, um die Wei-

terentwicklung von QVLS-iLabs mit dem Momentum des Quantenjahres anzuregen und anzuschieben. Geplant sind u.a. inspirierende Vorträge, Erlebnistage wie die "Campus Experience", interaktive Experimente, Laborführungen, Konzerte, Weiterbildungsangebote und eine QVLS Winter School.



INTERNATIONAL YEAR OF  
Quantum Science  
and Technology



## ANREGEN VON INNOVATION IN DER REGION

Aufbauend auf der gemeinsamen Diskussion von Wertschöpfungsketten und Nutzergruppen, wurden mit den Umsetzungsprojekten **markante Alleinstellungsmerkmale** erarbeitet. Basierend auf diesen Ergebnissen finden aktuell Treffen zwischen den Umsetzungsprojekten, dem iit und dem c<sup>2</sup>s-Lab statt, um gemeinsam über Produkte und möglichen Dienstleistungen sowie Interessenten zu diskutieren. Dies bildet die Grundlage für das von Braunschweig Zukunft und hannoverimpuls geplante **Matchmaking-Event** auf der HANNOVER MESSE 2025. Hier sollen Wissenschaftler:innen, Startups und Unternehmen gezielt miteinander vernetzt werden, um Kooperationen und Projekte anzustoßen. Im Bereich des **Technologiescoutings** besuchen die regionalen Wirtschaftsförde-

rer regelmäßig Industrie- und Fachmessen, um neue Trends zu identifizieren, Kontakte zu potenziellen Industriepartnern zu knüpfen sowie relevante Veranstaltungen für die Weiterentwicklung von QVLS auszuwählen. Dabei wurden Synergien und Partnerschaften, etwa mit dem japanischen Startup QunaSys, aufgebaut. Insbesondere für die Startups im QVLS-HTI organisiert Braunschweig Zukunft Workshops, wie den ersten **HTI-Workshop** im Herbst 2024, um die Bedürfnisse und Potenziale der Projektteams zu analysieren. 2025 folgen themenspezifische Workshops. Ein Schwerpunkt von hannoverimpuls liegt auf dem Aufbau eines **Venture-Capital-Netzwerks**, das gezielt Partner wie Business Angels und Accelerator-Programme einbindet.

## FORTSCHRITTE DER UMSETZUNGSPROJEKTE



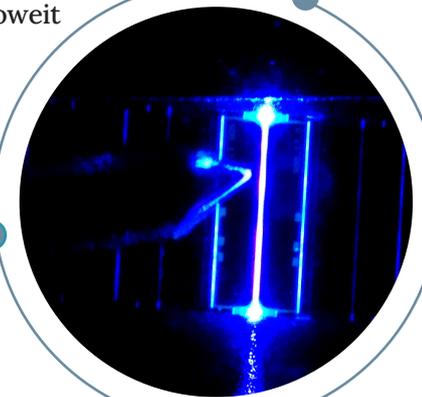
Im vergangenen Jahr haben alle zehn Umsetzungsprojekte intensiv an ihren Zielen gearbeitet und technologische Innovationen vorangetrieben. Zu den Erfolgen zählen erstmalig erzielte wissenschaftliche Durchbrüche, erfolgreich getestete Demonstratoren sowie Veröffentlichungen von Open-Source-Software. Damit bringen die Umsetzungs-

projekte Basistechnologien näher an den Markt und treiben Innovationen voran. Als aktuelle Herausforderungen bei den einzelnen Entwicklungen haben sich insbesondere vermehrte Exportkontrollen und die zunehmend schwierigen Rahmenbedingungen bei Beschäftigung von chinesischen Wissenschaftler:innen herausgestellt.

AMS-OSRAM INTERNATIONAL GMBH, TU BRAUNSCHWEIG, PTB

### PHOTONIC COMPONENTS FOR QUANTUM PROCESSORS

Bei QPIC schreitet die Entwicklung und Integration von neuartigen Laserdioden und optischen Komponenten voran. Ende 2024 gelang ein bedeutender Durchbruch: Die erste blaue Laserdiode mit einem Distributed Feedback Grating (DFB) wurde erfolgreich demonstriert. Durch die Wechselwirkung der optischen Mode mit dem Gitter wird die Linibreite erheblich reduziert, was diese Laser insbesondere für das Auslesen von gefangenen Ionen in Ionenfallen-Quantenprozessoren interessant macht (Zeithorizont: 5 Jahre). Der DFB-Laser und das integrierte Laser-PIC System werden soweit untersucht, dass sie in einem Folgeprojekt bis TRL 8 weiter entwickelt werden können. Erste Testmodule könnten potenziellen Anwendern voraussichtlich innerhalb der nächsten 3 Jahre zur Verfügung gestellt werden. Schon jetzt fließen Inhalte und Ergebnisse in Vorlesungen der TU Braunschweig ein.



Erster DFB-Laser aus der Vogelperspektive

Lab-Tour beim SiQT Projekt-Meeting an der PTB



PTB, LASER NANOFAB GMBH, INFINEON TECHNOLOGIES AG, LUH

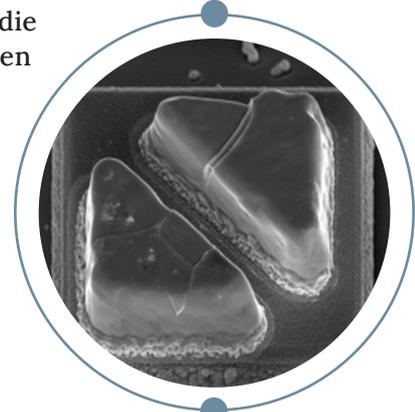
### SKALIERBARE INTEGRIERTE IONENFALLEN FÜR QT

SiQT erzielte im letzten Jahr bedeutende Fortschritte bei der Herstellung skalierbarer, kostengünstiger 3D-Ionenfallen sowie bei der Produktion integrierter optischer Detektoren (englisch: Single-photon avalanche diodes, kurz SPADs) unter Verwendung von CMOS-basierten Photodetektor-Arrays. Die Spezifikationen für die Ionenfallen, die in Zusammenarbeit mit LNF und Infineon gefertigt werden sollen, sowie für die

QUBEDOT GMBH, 3D-MICROMAC AG

## SCALABLE CONNECTING TECHNOLOGY FOR CUSTOMIZED PHOTONIC INTEGRATED CIRCUITS

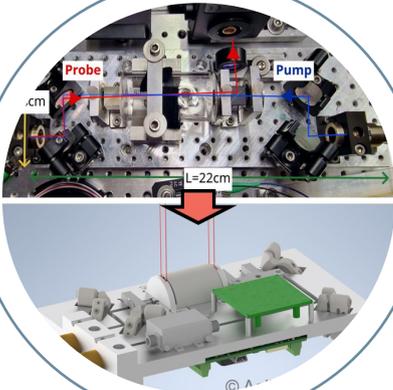
SciLine ermöglicht die präzise Übertragung unterschiedlicher photonischer Komponenten und die Integration auf CMOS-Substraten für Quantencomputing und AR-Anwendungen. Dafür arbeiten Halbleitertechnologie und Maschinenbau eng zusammen. Im letzten Jahr entstand eine Landkarte der Möglichkeiten zu transferierenden Elementen, die kontaktlos von einem Donorsubstrat auf einen Receiver übertragen werden können. Darüber hinaus wurden Designrichtlinien erarbeitet und Maschinenverbesserungen vorgenommen, was den Weg zu zahlreichen leuchtenden Demonstratoren auf Backplanes ebnet. Dieses Verständnis ermöglicht eine wirtschaftliche Bestückung unterschiedlicher Backplanes und öffnet bedeutende Zukunftsmärkte für QubeDot. Innerhalb des Projektes gibt es eine laufende Patentanmeldung. Die Öffnung der Prozesslandschaft für QVLS-iLabs ist vorgesehen, bei der bereits erste Experimente mit Waveguide-Komponenten von QPIC durchgeführt wurden.



Mit dreieckigen Kontakten im Mikrometerbereich versehene LED vor dem Transfer

FICONTEC, FIBERBRIDGE PHOTONICS, AGILE OPTIC, LUH, PTB

Spektroskopiemodul  
(oben: Benchttest,  
unten: Design des  
integrierten Moduls)



## DEMONSTRATION OF FULLY INTEGRATED PHOTONIC PLATFORMS FOR QUANTUM TECHNOLOGIES

Dip-QT entwickelt skalierbare, optische Verbindungen für Ultrahochvakuum und kryogene Temperaturen in zwei Demonstratoren: ein quantenphotonisches Halbleitersystem und ein kompaktes Spektroskopiemodul als Frequenzreferenz. 2024 wurden dafür unter anderem Faserarrays mit mindestens 8 Faserkanälen gefertigt und klebstofffreie Verbindungen realisiert. Der quantenphotonische Demonstrator geht in die finale Designphase, während alle Benchttests für das Spektroskopiemodul abgeschlossen sind. Die Produktion durch Agile Optics GmbH wird bis Frühjahr 2025 erwartet. Erste Ergebnisse flossen bereits in die Veröffentlichung von Open-Source-Software ein, u.a. zusammen mit dem DLR-SI (vertreten in den Projekten KOAQS und KOFREF). Eine spätere Produktintegration des Spektroskopiemoduls in das Produktportfolio der Agile Optic GmbH wird geprüft.

SPADs, die gemeinsam mit Infineon entwickelt werden, sind abgeschlossen. Das Design des Carrier-Board für die Ionenfalle, die von LNF gebaut werden soll, ist ebenfalls fertiggestellt. Ein erster Prototyp des SPAD-Arrays zum Auslesen von Quantenzuständen befindet sich aktuell in der Produktion von Infineon und wird in wenigen Wochen erwartet. Zudem bauen die LUH und Infineon aktuell eine 60-V-Schaltmatrix mit digitaler Steuerung mit standardisierter Schnittstelle und minimaler Ladungsinjektion beim Schalten.

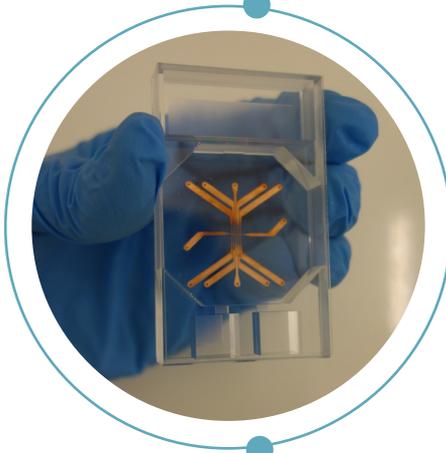
atom &  
ion traps

Technologie-Demonstrator: Bodenplatte mit eingebetteten Atomchip-Leiterbahnen, Spacer (8mm) und Deckel

LUH, LPKF LASER & ELECTRONICS SE

## QUANTUM-GRAVIMETER WITH ADVANCED LIDE BASED ATOMCHIPS

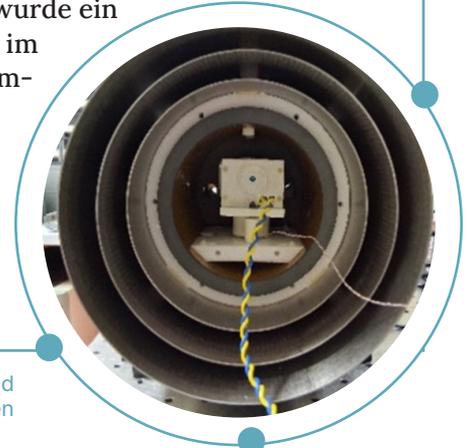
**Q-Gala** hat im vergangenen Jahr große Fortschritte in Richtung einer miniaturisierten, glasbasierten Quantensystem-Plattform erzielt. So ließen sich Kavitäten mit einer Tiefe von 12-14  $\mu\text{m}$  in Glas realisieren. Durch den Einsatz von Lithografie, Galvanotechnik und Ätzverfahren wurden metallische Leiterbahnen in diese Kavitäten integriert. Schließlich wurde die Bodenplatte mit den Leiterbahnen, einem Spacer und einem Deckel mittels Glas-Glas-Laserschweißen zu einem Technologie-Demonstrator zusammengefügt. Im Rahmen von Q-Gala werden die Ergebnisse veröffentlicht. Zusätzlich ist die Weiterentwicklung des Technologiedemonstrators zu einem Produkt in Planung.



PTB, VOLKSWAGEN AG, CDO2 GERMANY UG

## MAGNETISCHE KAMERA FÜR DIE QUALITÄTSKONTROLLE UND -SELEKTION VON BATTERIEN FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

**QBatt** entwickelt ein integriertes Array von optisch gepumpten Magnetometer (kurz: OPM)-Sensoren zur Charakterisierung von Lithium-Ionen-Batteriezellen. Im letzten Jahr wurde ein erfolgreicher Nachweis des Funktionsprinzips des magnetischen Signals im PTB-Labor durchgeführt sowie das Spektroskopiesystem und der Abschirmprüfstand bei CDO2 Germany aufgebaut. Anfang 2025 folgen Batterietests, danach der Abschluss von Sensordesign und Elektronik. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden in wissenschaftliche Veröffentlichungen und die kommerzielle Nutzung durch CDO2 einfließen, das bereits ein Patent für die Verwendung von OPMs zur Charakterisierung von Batterien hält. Die Partner beantragen zusätzliche Finanzierung zur Weiterentwicklung.



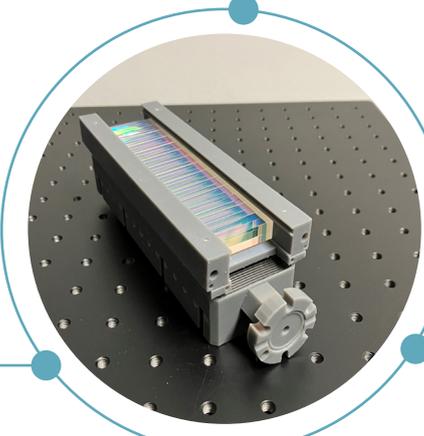
Magnetisches Abschirmsystem mit integriertem Ofenprüfstand zur Beobachtung magnetischer Reaktionen

DLR, VACOM VAKUUM KOMPONENTEN & MESSTECHNIK, LUH

## KOMPAKTE ATOMQUELLE FÜR QUANTENSENSOREN

**KOAQS** entwickelt eine kompakte, robuste Atomquelle für Quantensensoren auf Rubidium- und Kaliumbasis. Das Design von Reflektorkörper und Ofen ist abgeschlossen, der mechanische Aufbau erfolgt Anfang 2025. Das Lichtverteilungskonzept steht, ein Demonstrator zur Analyse der Strahlparameter wurde erfolgreich getestet. Zum Schutz der Technologie wurden gemeinsam drei Erfindungsmeldungen eingereicht. Die Weiterentwicklung von vakuumtauglichen Glas-Metall-Verbindungen unterstützt die Fertigung miniaturisierter Vakuumsysteme. Durch einfache Integration und Wartung ist das Gesamtsystem attraktiv für Industrie und Forschung. Konzepte zur Kommerzialisierung werden begleitend zu dieser Förderperiode erarbeitet.

Demonstrator des Lichtverteilungsmoduls mit „echter“ Optik in einem 3D-gedruckten Modell des Reflektorkörpers



GEO++ GMBH, DLR-SI, LUH

## KOMPAKTE FREQUENZREFERENZ

**KOFREF** entwickelt eine stabile Frequenzreferenz auf Basis einer GNSS-Übertragung und Quarzoszillator-Disziplinierung. Ein selbstentwickeltes Mikrowellen-Mischmodul wurde erfolgreich getestet und zeigte hervorragende Rauscheigenschaften. Zudem wurde das echtzeitfähige und visuelle Sensorsteuerungstool „Sequence GUI“ als Open-Source-Software publiziert. Die Korrelationsanalyse von atmosphärischen Störungen anhand deutschlandweiter Referenzdaten läuft mit positiven ersten Ergebnissen. Die Disziplinierung eines Referenzoszillators via Satellitenlink wurde erfolgreich demonstriert. Tests der entwickelten Soft- und Hardware sind u.a. im Projekt **KOAQS** geplant. GEO++ prüft die Kommerzialisierung, weitere Industriepartner aus dem Bereich Hardwareentwicklung sollen für die nächste iLabs-Förderperiode gewonnen werden.

Kompakte, im Rack zusammengestellte Hardware zur Steuerung und Kontrolle eines Quantensensors

electronic  
integration

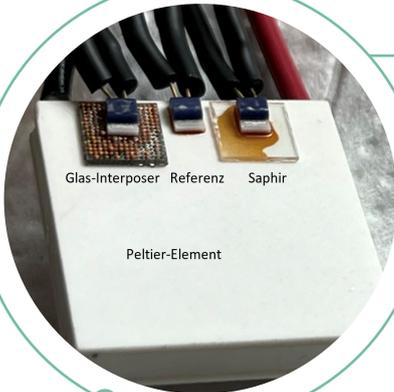


Setup für die Messung der Leitfähigkeit: Auf ein Peltier-Element werden die Proben (Glas-Interposer und Saphir) sowie Thermosensoren geklebt

LPKF LASER & ELECTRONICS SE, QUDORA, PTB

## INTEGRATION VON ELEKTRONIKKOMPONENTEN IN EINEM GLAS-INTERPOSER MIT SAPHIR-ÄHNLICHER WÄRMELEITFÄHIGKEIT

**INTEGER** entwickelt Glasinterposer mit elektrischer und thermischer Funktionalität für Quantenprozessoren. LPKF, QUDORA und PTB arbeiten an einer Prozesskette zur Metallisierung von Glasinterposern, wobei die Füllung von Durchgangsbohrungen eine zentrale Herausforderung ist. Zwei vielversprechende Prozessketten wurden bereits evaluiert. Die erzeugten Interposer werden hinsichtlich ihrer Wärmeleitfähigkeit von der PTB untersucht. QUDORA plant, eine Patentanmeldung für eine Prozesskette zur Metallisierung der Durchgangsbohrungen einzureichen. Die Partner treiben die Integration von Quantenprozessoren voran, wobei LPKF als Interposer-Lieferant und QUDORA als Nutzer eigener Quantenprozessoren agiert.

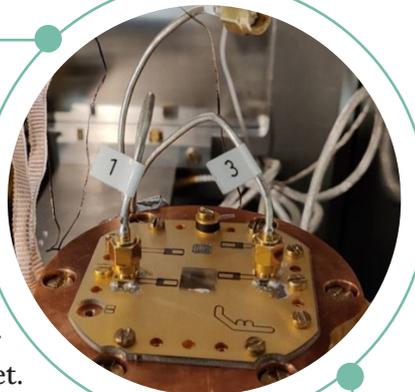


TUBS, TERAMETRO, MAGNICON, TEM MESSTECHNIK, PTB

## HARDWARE-SOFTWARE INTEGRATION ELEKTRONISCHER KOMPONENTEN FÜR QUANTENSYSTEME

Ein Ziel von **HIQS** ist die Entwicklung normal- und supraleitender Resonatoren für die Versorgung von z.B. Ionenfallen mit den erforderlichen Signalen. 2024 wurde die Optimierung supraleitender Dünnschichten aus  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  vorangetrieben, die bis 77 K einsetzbar sind und als supraleitender Resonator auch bei über 4K ohne Modifikation funktionieren. Ein erster Prototyp integrierter supraleitender Resonatoren wurde erfolgreich getestet. Normalleitende Resonatoren werden an der TU Braunschweig weiterentwickelt. Nach Projektende ist eine Produktvermarktung durch Terametro geplant, zudem sollen Vorschläge zur Standardisierung erarbeitet werden. Fortschritte wurden auch bei der quasistatischen Magnetfeldstabilisierung erzielt; Partner TEM plant eine Produktentwicklung. Ein PTB-Messplatz ermöglicht nun die präzise Charakterisierung der Stabilisierung von Laserquellen, um die Systeme zu benchmarken und die jeweiligen Vorteile zu identifizieren.

Messaufbau für den supraleitenden Dünnschicht-Resonator aus  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$



## FORTSCHRITTE DES HIGHTECH-INKUBATORS QVLS-HTI

Ein zentrales Ereignis war die **Fertigstellung der Laborräume des Hightech-Inkubators** in den Rolleiwerken in Braunschweig. Diese können nun von den Teams zur Entwicklung ihrer Prototypen genutzt werden. Die **feierliche Er-**

diskutierten bei ihren Besuchen im HTI die besonderen Herausforderungen der Deep-Tech-Branche.

Im letzten Jahr konnten die Teams bedeutende Fortschritte erzielen: **Terametro, Agile Optic GmbH und MKFS electronics** haben erfolgreich Prototypen entwickelt und erfahren positive Resonanz in ersten Kundengesprächen. **Die QUDORA Cloud Platform von QUDORA Technologies ist nun öffentlich verfügbar**, wodurch Wissenschaft und Industrie kostenlosen Zugang zum QVLS-Q1 Emulator erhalten – basierend auf dem Rauschmodell des geplanten 50-Qubits-Quantencomputers aus dem QVLS-Q1 Projekt. Die **QubeDot GmbH** wurde für das hochkompetitive Accelerator-Programm des European Innovation Council ausgewählt und freut sich, ergänzend auch Teil des German Accelerator Life Science Program zu sein, welches QubeDots globale Expansionsbemühungen unterstützen wird.

Nach Auslaufen der öffentlichen Förderung des HTI-Programms durch das niedersächsische Wirtschaftsministerium ist der QVLS-HTI nun ein offizieller Teil von QVLS-iLabs. Dies war jedoch ein rein formaler Übergang, da die tägliche Zusammenarbeit schon vorher eng Hand in Hand erfolgte. Für 2025 sind verschiedene Events geplant, um aktiv neue, junge Unternehmer aus dem QVLS zu gewinnen und neuen Startups den Weg zum Erfolg zu ebnet.



Feierliche Eröffnung des QVSL-HTIs. v.l.n.r.: Prof. Dr. Döring (BMBF), Prof. Dr. Ittel (TUBS), Herr Mohrs (MKW), Prof. Dr. Denz (PTB), Prof. Dr. Schmidt (LUH/PTB), Herr Kiesewetter (NBank), Prof. Dr. Ospelkaus (LUH / PTB), Dr. Spethmann (PTB)

**öffnung** im Rahmen der Quantum Week zog Vertreter:innen der Landes- wie Bundespolitik ins QVLS. Den inspirierenden Grußworten von unter anderem der Staatssekretärin Prof. Dr. Döring und den spannenden Pitches der Startups lauschten gut 60 Repräsentant:innen aus der lokalen Wirtschaft, Banken und Politik.

Auch nach der Eröffnung bleibt das Interesse am QVLS-HTI bestehen: Braunschweigs Oberbürgermeister Dr. Kornblum, der Bundestagsabgeordnete Herr Müller, die Startup-Beauftragte der Bundesregierung Dr. Christmann und die Leiterin der Abteilung Digital- und Innovationspolitik des BMWKs Frau Decker interessieren sich sehr für die innovativen Projekte der Startups und



Dr. Christmann besucht die Labore des QVLS-HTI

# 4

## EINBETTUNG IN DAS WACHSENDE F&E&I- ÖKOSYSTEM

Der Zukunftscluster QVLS-iLabs ist eingebettet in ein starkes und wachsendes QT-Innovationsökosystem in der Region Hannover-Braunschweig. Mit komplementären Stärken und zahlreichen neuen Vorhaben aus Bereichen wie Grundlagenforschung, Technologieentwicklung, Wissenstransfer, Chancengleichheit und Outreach, Testbeds und Open Labs, Infrastruktur bis hin zu Standardisierung erreichen die QVLS-Akteure die vollständige Abdeckung der Wertschöpfungskette und damit beste Voraussetzungen zur Hebung des wirtschaftlichen Potenzials der QT.

## PROJEKTE DES ÖKOSYSTEMS

Der Erfolg des gesamten QVLS Ökosystems zeigt sich auch durch eingeworbene, ergänzende Förderungen. Die hieraus finanzierten weiteren Forschungsbudgets belaufen sich auf **über 156 Mio. €** in der Region Hannover-Braunschweig. Dabei

investieren sowohl das Land Niedersachsen, der Bund wie auch die EU in das hiesige Quanten-Ökosystem. Acht der aktuell laufenden, über 80 eingeworbenen Projekte sind im Folgenden kurz exemplarisch vorgestellt.

### Qu-test

**Projekttitlel:** Supporting open testing and experimentation for quantum technologies in Europe  
**Laufzeit:** 05/2023 - 04/2026  
**Projektvolumen:** 18,9 Mio Euro



**Förderer:** EU - HORIZON  
**Beteiligte:** PTB, Infineon und 22 weitere Projektpartner



**Ziel:** Qu-test vereint 13 Anbieter von Testbeds und 11 Industrieanwender, um eine europäische Infrastruktur an Test- und Validierungsangeboten in der QT aufzubauen

### ATIQ

**Projekttitlel:** Implementierung von Quantenalgorithmien aus Finanzwesen und Chemie auf einem Quantencomputer-Demonstrator  
**Laufzeit:** 12/2021 - 11/2026  
**Projektvolumen:** 45 Mio Euro



**Förderer:** BMBF  
**Beteiligte:** LUH, 7 Institutionen und 16 Unternehmen



**Ziel:** Entwicklung zuverlässiger Quantencomputer-Demonstratoren auf Basis gefangener Ionen für komplementäre Anwendungsfälle wie Quantenchemie, optimierbare Probleme mit vollständig parallelisierbaren Gattern und Kreditrisikoanweisung, um einen praxisrelevanten Quantenvorteil nachzuweisen.

### CryoSoQ

**Projekttitlel:** Kryogene integrierte CMOS-Signalquellen für quantenlimitierte Mikrowellenverstärker  
**Laufzeit:** 08/2024 - 07/2027  
**Projektvolumen:** 628.000 Euro



**Förderer:** BMBF  
**Beteiligte:** PTB, TUBS



**Ziel:** Kombination eines supraleitenden parametrischen Verstärkers mit kryogener CMOS-Elektronik zur Nutzung als Verstärker in Anwendungen wie Quantencomputern auf Basis supraleitender Qubits

### HIQC

**Projekttitlel:** High-accuracy ion-based optical clocks  
**Laufzeit:** 05/2024 - 04/2027  
**Projektvolumen:** 2,34 Mio Euro



**Förderer:** EURAMET  
**Beteiligte:** PTB, LUH und 7 weitere Forschungsinstitute



**Ziel:** Entwicklung der nächsten Generation an Atomuhren als primäre Standards für Zeit und Frequenz

**QVLS  
Q1**

**Projekttitlel:** QVLS-Q1  
**Laufzeit:** 01/2021 - 12/2025  
**Projektvolumen:** 25 Mio Euro

**Förderer:** VolkswagenStiftung und Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur

**Beteiligte:** LUH, PTB und TUBS

**Ziel:** Realisierung eines 50-Qu-bit Quantencomputer-Demonstrators auf Basis von Ionenfallen

**QuAtuLo**

**Projekttitlel:** Quelloffene Atombasierte Quanten Lokalvernetzung  
**Laufzeit:** 09/2022 – 08/2025  
**Projektvolumen:** 2,35 Mio Euro

**Förderer:** BMBF

**Beteiligte:** LUH, PTB, Swabian Instruments GmbH, Quantum Space Systems GmbH

**Ziel:** Sicheres lokales Kommunikationsnetzwerk für den mobilen Einsatz

**CARIOQA  
-PMP**

**Projekttitlel:** Cold Atom Rubidium Interferometer in Orbit for Quantum Accelerometry – Pathfinder Mission Preparation  
**Laufzeit:** 12/2022 – 03/2026  
**Projektvolumen:** 16,9 Mio Euro

**Förderer:** EU HORIZON

**Beteiligte:** DLR, LUH, weitere 8 Forschungseinrichtungen und 6 Unternehmen

**Ziel:** Bau eines technischen Modells eines Beschleunigungsmessers für eine Quanten-Weltraum-Gravimetrie-Pathfinder-Mission

**QTIndu**

**Projekttitlel:** Quantum Technology Courses for Industry  
**Laufzeit:** 01/2023 – 12/2025  
**Projektvolumen:** 5,6 Mio Euro

**Förderer:** Quantum Flagship der EU

**Beteiligte:** Qureca Spain Ltd., QVLS e.V., PTB, TUBS, 3 weitere Institutionen und 6 weitere Unternehmen(sverbände)

**Ziel:** europaweites Fortbildungsprogramm für Industrieanwender im Bereich QT

## GRUNDLAGENFORSCHUNG UND TECHNOLOGIETRANSFER

Die Arbeit des Zukunftsclusters setzt auf der exzellenten Forschung der Partner auf:

- Eine herausragende Rolle spielt der **Exzellenzcluster QuantumFrontiers**, dessen zweite Phase im November begutachtet wurde. Dabei hatten die Beteiligten nicht nur Gelegenheit,

die erfolgreiche geleistete und ambitionierte geplante Grundlagenforschung an der Weltspitze zu präsentieren, sondern auch das hervorragende etablierte QT-Ökosystem vorzustellen.

- Prof. Dr. Michael Zopf (PI von Dip-QT) konnte eine begehrte **Niedersachsen-Impuls-Professur** für sich ge-

winnen und führt seine junge Karriere somit im Quanten Valley langfristig fort.

● Dem Co-Sprecher von QVLS-iLabs, Prof. Dr. Andreas Waag, wurde der **niedersächsische Wissenschaftspreis** verliehen, u.a. für den äußerst erfolgreichen Transfer seine Forschungsergebnisse in die Wirtschaft.

● Prof. Dr. Stefanie Kroker (Umsetzungsprojekt Q-PIC) hat einen mit knapp zwei Millionen Euro dotierten **Consolidator Grant des Europäischen Forschungsrates (ERC)** erhalten und verstärkt damit den Forschungsschwerpunkt Quantenmetrologie in der Region.

## OPEN LABS UND TESTBEDS

Ein wichtiger Aspekt bei der Entwicklung des Innovationsökosystems ist der Zugang von Unternehmen zu bewährten Charakterisierungs- und Testumgebungen für QT-Komponenten.

● Das **Qu-Test Projekt**, bietet Industriepartnern die Möglichkeit, QT-Komponenten von Instituten aus einem europaweiten Konsortium testen und charakterisieren zu lassen. Durch "open calls", geleitet von der PTB, können auch

junge Unternehmen davon profitieren.

● Im **Bluecert-Projekt** wird die Charakterisierung von Komponenten für die Quantenschlüsselverteilung erforscht, unter anderem mit TÜVIT als Partner.

● In die neuen Labore des **Lummer-Pringsheim-Baus an der PTB** kommen erste Industrieanwender und testen ihre QT-Komponenten.

## WISSENSTRANSFER

● Im QVLS-HTI fanden **Tutorials für junge Wissenschaftler:innen** im Rahmen des **Quantum Communication Symposium Germany 2024** statt. Rund 40 angehende Quantenexpert:innen erhielten einen breiten Einblick in die zukunftsweisende Quantenkommunikation. Mit Vorträgen von Quantum Optics Jena GmbH, KeeQuant GmbH und TÜVIT lag der Fokus auf der aufkommenden Industrie.

● Hannover fungierte als Gastgeberin für das Physik-Festival **Highlights der Physik** und erreicht damit an die 35.000 Besucher:innen. Mit dabei QVLS unter anderem durch Vorträge über Quanten-

sensoren, optische Uhren und Quantencomputing.

Aufkommendes Interesse an den Quantentechnologien zeigt sich an sich häufenden Nachfragen nach neutralen, grundlegenden Informationen. Grundsätzlich ist diese Entwicklung positiv zu sehen und in ersten Kontakten konnte ein realistisches Bild der Anwendungen der QT vermittelt werden. Diese Entwicklung gilt es im gesamten QVLS-Ökosystem weiter zu stärken und sowohl der Industrie wie auch der Gesellschaft QT mit ihren Potenzialen realistisch und verständlich zu vermitteln.

# 5

## AUSBLICK UND NÄCHSTE SCHRITTE

Der Zukunftscluster QVLS-iLabs etabliert sich zunehmend und erzielt erste Erfolge. Aufbauend auf diesen werden nun die nächsten Schritte angegangen. Dazu gehören sowohl die Weiterführung der begonnenen Aktivitäten, die aktive Planung der zweiten Phase des Zukunftsclusters wie auch QVLS eine permanente Struktur zu geben.

## HERAUSFORDERUNGEN & NÄCHSTE SCHRITTE

Es zeigt sich, dass QVLS-iLabs weiter an Fahrt aufnimmt und Ergebnisse liefert. In den Umsetzungsprojekten werden Grundlagen gelegt für das Innovationsökosystem, sichtbar an **Patenten und Erfindungsmeldungen**. Diese werden sowohl in etablierten Unternehmen der QVLS-iLabs aufgenommen, als auch von den cluster-eigenen Startups, teilweise auch in den eigenen Innovationswerkstätten in den Rolleiwerken, zu Anwendungen und auf zukünftige Produkte hin weiterentwickelt.

Die Innovationswerkstätten in den Rolleiwerken können zudem als kreativer Raum dienen, der **Gründungsinteressierten** optimale Arbeitsbedingungen bietet und die Entstehung neuer Ausgründungen gezielt fördert. Um die Außenwirkung nachhaltig zu verstärken, werden außerdem innovative Formate entwickelt, die sowohl die Vernetzung der Akteure fördern als auch die **Sichtbarkeit des Zukunftsclusters** erhöhen. Zusätzlich zeigt die praktische Erfah-

ung, dass das **Informieren etablierter Industrieunternehmen** über die Chancen und Potenziale der quantentechnologischen Entwicklungen notwendig ist, um deren Relevanz und Nutzen für die zukünftige Wirtschaft klar zu kommunizieren und dauerhaft zu verankern.

Absolvent:innen der Forschungsinstitute und Universitäten finden Beschäftigung in den aus dem QVLS hervorgegangenen Startups und den Partnerunternehmen - so leistet QVLS einen direkten Beitrag zur Ausbildung und Bindung hochqualifizierter **Fachkräfte**. Dadurch wird die nachhaltige Entwicklung des Innovationsökosystems zusätzlich gestärkt. Diese Elemente sind wichtig auf dem herausfordernden Übergang aus den Laboren und von den Basistechnologien zu **Demonstratoren** und auch **wirtschaftlich relevanten Anwendungen** der QT - dies wird die Herausforderung der weiteren Phasen von QVLS-iLabs sein.

## VORBEREITUNG AUF DIE NÄCHSTE PHASE

Im Umfeld des sehr regen und wachsenden Innovationsökosystems geht die Weiterführung und Neuauslegung der Strategie des Zukunftsclusters mit neu-

en Perspektiven für eine mögliche zweite Phase weiter. In einem offenen Verfahren für die Umsetzungsprojekte der zweiten Phase



wurden Vorschläge gesammelt, die sich in die Strategie einpassen und auf die Zukunftsszenarien hinführen. Dabei wird ein größerer Fokus auf die Entwicklung von Demonstratoren und Anwendungen gelegt. Es zeichnet sich eine rege Beteiligung ab, sowohl von bestehenden als auch von neuen Partnern. Ein konkretes Beispiel ist im Bereich neuartige Metrologieanwendungen entstanden: Das Startup QB-Innovation aus dem QVLS-HTI hat die quantenbasierte Druckmesstechnik als neuartige Metrologieanwendung zum Ziel. Im Umfeld dieser Entwicklung im QVLS zeichnet sich mit WIKA ein potenzieller Neuzugang ab, der ein welt-

weit führender Hersteller für Messtechniklösungen und Drucksensoren ist und dessen Expertise wichtige Synergien für die Umsetzung innovativer Technologien im Zukunftscluster verspricht. Komplementär wird an der Weiterentwicklung der **clusterübergreifenden Maßnahmen** gearbeitet. Im engen Austausch mit den Umsetzungsprojekten entstehen neue, kreative Formate, die Innovation, Vernetzung und Wissens- sowie Technologietransfer noch stärker fördern. Diese Aktivitäten münden im Konzept für die zweite Phase von QVLS-iLabs und legen damit den Grundstein für die nachhaltige Weiterentwicklung des Zukunftsclusters.



## STAND UND PERSPEKTIVEN DES QVLS ALS PERMANENTE STRUKTUR

Ein wesentlicher Teil der Strategie des Zukunftsclusters ist es, **gefestigte und effektive Strukturen** für den QVLS zu schaffen. Die Arbeit an Konzepten für Elemente jenseits der öffentlichen Hand gehen weiter. Die Zahl der Mitglieder im QVLS e.V. wächst stetig, und die **Ansätze für das zukünftige Clustermanagement** sind angelegt. Mit der neuen, voraussichtlichen Förderrichtlinie des Landes Niedersachsen und dem Engagement der

Stadt Braunschweig für einen **"HTI 2.0"** gibt es neue Möglichkeiten und Perspektiven für die Innovationsförderung und die Rollewerke.

Weiterhin ist die Gründung einer QVLS-GmbH geplant, die wirtschaftlich tätig sein kann und daher den QVLS e.V. in synergetischer Weise ergänzen soll. Beide zusammen bilden das Rückgrat einer verstetigten Struktur der QVLS-iLabs.

# IMPRESSUM

## HERAUSGEBER

QVLS – iLabs  
Leibniz Universität Hannover  
Welfengarten 1  
30167 Hannover

## VERTRETEN DURCH DEN SPRECHER

Prof. Dr. Christian Ospelkaus

## KONZEPTUALISIERUNG

Dr. Nicolas Spethmann  
Dr. Larissa Braun  
Lena Bittermann

## LAYOUT UND DESIGN

Rebecca Husemann  
Karyna Romanadze

## ACKNOWLEDGMENT

QVLS-iLabs wird finanziert durch die Zukunftscluster-Initiative des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt.

## STAND

Mai 2025

