



# LUND UNIVERSITY

## Regulatorische und gesellschaftspolitische Aspekte des Quantum Computing

Jeutner, Valentin

2021

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*  
Jeutner, V. (2021). *Regulatorische und gesellschaftspolitische Aspekte des Quantum Computing*. Konrad Adenauer Stiftung.

*Total number of authors:*  
1

*Creative Commons License:*  
CC BY-SA

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:  
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# QUANTEN COMPUTING

**3/4** Regulatorische und gesellschaftspolitische  
Aspekte des Quantum Computing  
Valentin Jeutner

## Impressum

### Herausgeberin:

Konrad-Adenauer-Stiftung e. V. 2021, Berlin

Umschlagfoto: © Adobe Stock/Bartek Wróblewski

Bildnachweis: S. 13 © Valentin Jeutner

Gestaltung und Satz: yellow too, Pasiek Horntrich GbR



Der Text dieses Werkes ist lizenziert unter den Bedingungen von „Creative Commons Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 international“, CC BY-SA 4.0 (abrufbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>).

ISBN 978-3-95721-905-3

# Auf einen Blick

---

- › Quantencomputer stehen bereits heute im Fokus von Staaten, Unternehmen und der Wissenschaft. Mit Quantencomputern verbindet sich die Hoffnung auf einen substanziellen Beitrag zur Verbesserung heutiger Gesellschaften und wirtschaftliche Gewinne.
- › Der Einsatz von Quantencomputern birgt allerdings auch das Potenzial, bestehende Ungleichheiten im Verhältnis von Staaten zueinander, im Verhältnis von Staaten zu Bürgerinnen und Bürgern bzw. Unternehmen sowie im Verhältnis von Unternehmen zueinander zu verschärfen.
- › Diese Ungleichheiten betreffen den Zugang zu Informationen und damit verbunden auch die Sicherheit von Informationen und persönlichen Daten sowie die Fähigkeit zur Normen- und Standardsetzung, wodurch die Art und Weise der zukünftigen Nutzung von Quantencomputern beeinflusst werden kann. Darüber hinaus besteht das Risiko, dass die positiven Effekte von QC im Bereich der Wirtschaft und Wissenschaft nur jenen vorbehalten bleiben, die Zugang zu Quantencomputern haben.
- › Um zu verhindern, dass der Einsatz von Quantencomputern Ungleichheiten verschärft, bedarf es einer intensiven gesamtgesellschaftlichen Debatte und demokratischen Aufsicht. Außerdem muss gewährleistet werden, dass auch jene Akteurinnen und Akteure, die keinen Quantencomputer besitzen, Zugang zu dieser Technik erhalten.

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1. Überblick</b>	<b>6</b>
<hr/>	
<b>2. Herausforderungen</b>	<b>8</b>
2.1 Informationszugang .....	8
2.2 Standardsetting .....	9
2.3 Nutzung der von Quantencomputern gewonnenen Erkenntnisse .....	9
<hr/>	
<b>3. Lösungsansätze</b>	<b>11</b>
3.1 Gesellschaftliche Debatte .....	11
3.2 Demokratische Aufsicht .....	12
3.3 Technologie teilen .....	12
<hr/>	
<b>4. Fazit</b>	<b>13</b>
<hr/>	
<b>5. Autor</b>	<b>14</b>
<hr/>	
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	<b>15</b>
<hr/>	

# 1. Überblick: Die Welt im Quantenfieber

---

Die Geschichte der Quantentheorie beginnt an der Stelle, wo die Wilhelmstraße in Berlin auf das Reichstagufer trifft. Heute steht dort das ARD-Hauptstadtstudio. Bis 1945 befand sich an diesem Ort das Physikalische Institut der Berliner Universität. In jenem „Palast der Physik“ präsentierte Max Planck am 14. Dezember 1900 vor den geneigten Mitgliedern der Deutschen Physikalischen Gesellschaft seine Quantentheorie erstmals der Öffentlichkeit. Plancks Theorie besagt, dass Atome Energie nicht, wie bisher angenommen, stufenlos annehmen und abgeben, sondern dass Energie stattdessen in kleinen Paketen (sogenannten Quanten) angenommen und abgegeben wird. Mit dieser Erkenntnis legte Planck den Grundstein für zahlreiche Erfindungen wie Laser, Mobiltelefone oder die Nukleartechnologie. Eine der neuesten Entwicklungen im Bereich der Quantentechnologie sind Quantencomputer.

Lange Zeit waren Quantencomputer höchstens eine theoretische Möglichkeit. Mittlerweile schnellen die Investitionen von Staaten und Unternehmen in die Erforschung und den Bau von Quantencomputern aber rasant in die Höhe. So hat etwa die Bundesregierung 2020 beschlossen, die Entwicklung von Quantencomputern mit rund zwei Milliarden Euro zu unterstützen. Die Europäische Union fördert Quantencomputertechnologie mit einer Milliarde Euro. Auch die USA und China kämpfen mithilfe von ambitionierten Förderprogrammen und in enger Zusammenarbeit mit privaten Unternehmen wie Google, IBM, Alibaba und Baidu um die Vorherrschaft auf dem Gebiet des Quantencomputings. Mehr als 100 Jahre nach Max Plancks Vortrag in Berlin befindet sich die Welt wieder bzw. immer noch im „Quantenfieber“.<sup>1</sup>

Der Grund für das verstärkte Interesse von Staaten, Unternehmen und Wissenschaft am Quantencomputing ist die Hoffnung, dass

Quantencomputer die Gesellschaft in ganz unterschiedlichen Bereichen positiv voranbringen könnten. Quantencomputer ließen sich bspw. einsetzen, um die Verteilung begrenzter Ressourcen zu optimieren, indem sie komplexe Gleichungen lösen, an denen klassische Computer scheitern.<sup>2</sup> Im Bereich der Kommunikation könnten Quantencomputer eingesetzt werden, um Informationen abhörsicher zu übermitteln (Quantum Communication).<sup>3</sup> Quantencomputer könnten die Simulation von Molekülen – z. B. im Zusammenhang mit der Erforschung von Impfstoffen – erleichtern (Quantum Simulation).<sup>4</sup> Schließlich besteht die Hoffnung, dass Quantensensoren, die wesentlich genauer messen als herkömmliche Instrumente, bspw. die Funktion von Navigationsgeräten verbessern (Quantum Sensing).<sup>5</sup>

Noch ist ungewiss, ob und in welchem Maße diese Hoffnungen erfüllt werden. Allerdings zeichnet sich schon jetzt ab, dass Quantencomputer in manchen Bereichen oft um ein Vielfaches leistungsfähiger sind als herkömmliche Computer. Bestimmte Berechnungen, für die herkömmliche Computer ca. 10.000 Jahre benötigen würden, kann ein Quantencomputer von Google schon heute in unter vier Minuten durchführen.<sup>6</sup> Diese außergewöhnliche Leistungsfähigkeit birgt beachtliches gesellschaftliches, wissenschaftliches und wirtschaftliches Potenzial. Die Entwicklung von Quantencomputern hat aber auch eine regulatorische und gesellschaftspolitische Dimension. Denn Akteurinnen und Akteure, die über Quantencomputer verfügen, sind ungleich mächtiger als Akteurinnen und Akteure, die keine Quantencomputer besitzen bzw. keinen Zugang zu dieser Technologie haben. Diese Ungleichheit wird in drei Bereichen besonders sichtbar – bei dem Zugang zu Informationen und der Fähigkeit, Daten und Informationen verschlüsselt zu kommunizieren, bei dem Setzen technologischer und regulatorischer Standards und in Bezug auf

die Fähigkeit, durch den Einsatz von Quantencomputern gewonnene Erkenntnisse wissenschaftlich und wirtschaftlich zu nutzen.

Im nachfolgenden Abschnitt wird zunächst jeder dieser drei Aspekte genauer beleuchtet (2), bevor im Anschluss daran erörtert wird, wie durch den Einsatz von Quantencomputern entstehende Ungleichheiten abgeschwächt werden können (3).

- 
- 1 Manfred Lindinger: „Quantenrechner Made in Germany: Deutschland im Quantenfieber“. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (21.10.2020).
  - 2 Atik, J./Jeutner, V. 2019: Quantum Computing and Algorithmic Law. Social Science Research Network, online unter: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3490930](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3490930) (letzter Zugriff: 08.02.2021).
  - 3 Vermaas, Pieter E. 2017: The Societal Impact of the Emerging Quantum Technologies: A Renewed Urgency to Make Quantum Theory Understandable. In: *Ethics and Information Technology* Vol. 19, S. 241–246.
  - 4 Cornelius Hempel et. al. 2018: Quantum Chemistry Calculations on a Trapped-Ion Quantum Simulator. In: *Physical Review* Vol. 8, Iss. 3, S. 31–22 und Feynman, Richard P. 1982: Simulating Physics with Computers. In: *International Journal of Theoretical Physics*, Vol. 21, Iss. 6/7, S. 467–488.
  - 5 Dunning, Hayley 2018: Quantum “compass” Could Allow Navigation without Relying on Satellites. Online unter: <https://phys.org/news/2018-11-quantum-compass-satellites.html> (letzter Zugriff: 08.02.2021).
  - 6 Hurtz, Simon 2019: „Dieser Prozessor soll den schnellsten Supercomputer abhängen“ In: *Süddeutsche Zeitung Online*, 25.11.2019, online unter: <https://www.sueddeutsche.de/digital/quantenueberlegenheit-google-supercomputer-1.4614947> (letzter Zugriff: 08.02.2021).

## 2. Herausforderungen: Ungleichheit durch Quantencomputer

---

Der Einsatz von Quantencomputern wird bestehende Ungleichheiten im Verhältnis von Staaten zueinander, im Verhältnis von Staaten zu Bürgerinnen und Bürgern bzw. Unternehmen sowie im Verhältnis von Unternehmen zueinander verschärfen. Diese Ungleichheiten manifestieren sich besonders in Bezug auf den Zugang zu Daten und die Fähigkeit, verschlüsselt zu kommunizieren (2.1), das Setzen von Standards (2.2) und die Nutzung der durch den Quantencomputereinsatz gewonnenen Erkenntnisse (2.3).

### 2.1 Informationszugang

Herkömmliche Methoden der Informationsverschlüsselung bedienen sich in der Regel mathematischer Probleme, die sich einfach in eine Richtung, aber nur sehr schwer in die entgegengesetzte Richtung lösen lassen. Mithilfe zweier Primzahlen, z. B. 4.507 und 7.883, lässt sich völlig problemlos und äußerst schnell deren Produkt (35.528.681) ermitteln. Es ist allerdings wesentlich schwieriger, dieses Produkt „rückwärts“ wieder in seine Faktoren zu zerlegen, wenn nicht wenigstens einer der zwei Faktoren bekannt ist. Einer der ersten Quantenalgorithmen, „Shors Algorithmus“, ist jedoch in der Lage, die Primfaktoren selbst von recht großen Zahlen relativ schnell zu ermitteln. Das bedeutet, dass Quantencomputer früher oder später in der Lage sein werden, einen großen Teil heute bestehender Verschlüsselungsmechanismen zu unterlaufen.<sup>7</sup>

Es gibt zwar Kommunikations- und Verschlüsselungsformen, die gegen Quantencomputer immun sind, wie in einem anderen Papier in dieser Reihe dargestellt wird.<sup>8</sup> Große Teile unserer bisherigen elektronischen Kommunikation sind jedoch ebenso wie weite Bereiche der Abwicklung elektronischer Finanztransaktionen durch

Quantencomputer gefährdet.<sup>9</sup> Mit anderen Worten: Akteurinnen und Akteure, die über Zugang zu Quantencomputern verfügen, können sehr viele der herkömmlichen Verschlüsselungsmechanismen unterlaufen. Jene, die keinen Zugang zu Quantencomputern haben, können ihre Daten kaum vor Quantencomputertechnik schützen. Daraus folgt, dass der Einsatz von Quantencomputern sowohl aus sicherheitspolitischer Sicht als auch aus Sicht des Datenschutzes nicht unproblematisch ist.

Sicherheitspolitisch könnten Quantenalgorithmen die Durchsetzung von Recht einerseits unterstützen. Denn durch den Einsatz von Quantenalgorithmen erhielten staatliche Stellen die Möglichkeit, z. B. solche Informationen auszulesen, die zwischen verdächtigen Personen bislang verschlüsselt ausgetauscht werden. Andererseits wäre der Gebrauch von Quantenalgorithmen jedoch mit einem nicht unerheblichen Sicherheitsrisiko verbunden, da sie ebenso von kriminellen Personen benutzt werden könnten, um bspw. sensible staatliche Informationen zu erlangen und abzufassen. Die sicherheitspolitische Brisanz von Quantencomputern wird besonders deutlich, wenn man bedenkt, dass zukünftige Quantenalgorithmen auch eingesetzt werden könnten, um Informationen retrospektiv zu entschlüsseln.<sup>10</sup> Dies bedeutet, dass heute gesammelte, herkömmlich verschlüsselte Daten gespeichert und – sobald Quantencomputer zur Verfügung stehen – nachträglich ausgelesen werden können.

Auch aus Sicht des Datenschutzes ist die Fähigkeit von Quantenalgorithmen, herkömmliche Verschlüsselungsmethoden zu unterlaufen, problematisch. Nicht nur, weil Quantenalgorithmen die Fähigkeit von Bürgerinnen und Bürgern erschweren, miteinander verschlüsselt zu kommunizieren, sondern auch, weil Quanten-

computer Staaten die Möglichkeit geben, große Datenmengen, die z. B. im Zusammenhang mit öffentlicher Videoüberwachung gesammelt wurden, wesentlich schneller und umfassender auszuwerten als bisher. Die Problematik des Datenschutzes kann auch unternehmerische Interessen berühren – etwa, wenn Quantencomputer eingesetzt werden, um Industriespionage zu betreiben oder um sensible Unternehmensdaten auszulesen.

Es ist vor diesem Hintergrund entscheidend, schon jetzt Strategien zu entwerfen, die vermeiden, dass die Entwicklung und der Einsatz von Quantencomputern dazu führt, dass es auf der einen Seite Akteurinnen und Akteure gibt, die unbeschränkten Zugriff auf bisher geschützte Daten haben und verschlüsselt kommunizieren können, und Akteurinnen und Akteure auf der anderen Seite, die keinen Zugriff auf Quantentechnik haben und den Erstgenannten mehr oder weniger ausgeliefert sind.

### 2.2 Standardsetting

Ein zweiter Bereich, in dem sich durch den Einsatz von Quantencomputern verursachte Ungleichheiten manifestieren können, bezieht sich auf die Etablierung von Standards und Normen durch jene, die in der Entwicklung von Quantencomputern führend sind. Wer Technik entwickelt, bestimmt oft auch darüber, welche Parameter künftig den Gebrauch der entwickelten Technik bedingen. Konkret bedeutet das, dass jene, die Quantencomputer entwickeln, großen Einfluss darauf nehmen können, auf welche Art und Weise und von wem diese Technik genutzt werden kann.

Diese Thematik ist nicht neu. Die Tatsache, dass moderne Computer in den USA entwickelt wurden, bedeutet bis heute, dass im Wesentlichen US-amerikanische Konzerne wie Microsoft oder Apple sowohl über die Software als auch über die Hardware bestimmen, die wir täglich gebrauchen.<sup>11</sup> Die Tatsache, dass moderne Computer in den englischsprachigen USA entwickelt wurden, bedeutet auch, dass bspw.

E-Mail-Adressen bis heute keine deutschen (oder sonstigen) Umlaute enthalten können. Auf ähnliche Weise können auch die Vorreiter auf dem Gebiet der Quantentechnologie durch bestimmte Entscheidungen schon jetzt festlegen, welche Standards und Normen für die Entwicklung und den Gebrauch von Quantencomputern in der Zukunft gelten sollen. Hinzu kommt, dass jene Akteurinnen und Akteure, die im Bereich der Quantentechnik führend sind, damit beginnen, Erfindungen und Verfahren patentieren zu lassen.<sup>12</sup> Dadurch werden aktuelle Vorreiterinnen- und Vorreiterrollen zementiert und die Freiheit nachfolgender Entwicklerinnen und Entwickler sowie Anwenderinnen und Anwender wird eingeschränkt.

Es ist deswegen darauf zu achten, dass von einer kleinen Gruppe von Akteurinnen und Akteuren (Unternehmen, Staaten, Forschungsgruppen) keine Pfadabhängigkeiten geschaffen werden, die später nur noch mühsam oder gar nicht mehr zu korrigieren sind.

### 2.3 Nutzung der von Quantencomputern gewonnenen Erkenntnisse

Schließlich ist ein wesentlicher Aspekt der durch die Entwicklung von Quantencomputern verursachten Ungleichheit, dass alle mit dem Einsatz von Quantencomputern verbundenen positiven Effekte im Bereich der Wirtschaft und Wissenschaft natürlich jenen vorbehalten sind, die Zugang zu einem Quantencomputer haben. Von der Fähigkeit, größere Datenmengen zu analysieren, bessere Messgeräte herzustellen (Quantum Sensing), durch Quantum Simulation Impfstoffe zu finden und Informationen schneller und sicherer zu übermitteln (Quantum Communication), profitieren in erster Linie die Akteurinnen und Akteure, die über die entsprechende Technik verfügen.

Die Konsequenz ist, dass jene Unternehmen, Einrichtungen oder Staaten, die Zugang zu Quantencomputern haben, gegenüber denjenigen, die keinen Zugang zu Quantencomputern haben, einen unmittelbaren Wettbewerbsvorteil

genießen – vergleichbar mit der heutigen Sonderstellung des Silicon Valley im Hinblick auf klassische Computertechnik. Dies kann dazu führen, dass bestimmte Akteurinnen und Akteure eine Monopolstellung einnehmen, was nicht nur Wettbewerberinnen und Wettbewerbern schadet, sondern auch Kundinnen und Kunden sowie der Marktwirtschaft allgemein.

Diese Ungleichheit ist nicht auf das Verhältnis zwischen verschiedenen wirtschaftlichen Akteurinnen und Akteuren beschränkt. Angesichts der hohen Kosten und der Expertise, die mit der Konstruktion und dem Betrieb von Quantencomputern verbunden sind (letztere erfordern u. a. die Erzeugung eines technischen Vakuums und Temperaturen von minus 273,15 Grad Celsius), ist

auch anzunehmen, dass sich die Ungleichheit zwischen dem tendenziell hochtechnologisierten globalen Norden und dem globalen Süden weiter verschärft. So exponentiell, wie Quantencomputer die Erforschung neuer Produkte und Dienstleistungen befördern werden, so exponentiell könnte auch die Kluft zwischen Arm und Reich, zwischen Nord und Süd, zwischen entwickelten und Schwellenländern wachsen.

Deswegen ist es wichtig sicherzustellen, dass Wege gefunden werden, um das enorme Potenzial von Quantencomputern soweit wie möglich der Allgemeinheit zugutekommen zu lassen. Drei Lösungsansätze werden im folgenden Abschnitt skizziert.

---

7 Wolf, Ronald de 2017: The Potential Impact of Quantum Computers on Society. In: Ethics and Information Technology Vol. 19, S. 271–276, hier S. 274.

8 Hagemeyer, Heike, Kryptographie: Quantum Vadis, 2021; Hrsg. von Konrad-Adenauer-Stiftung.

9 Siehe auch BMBF 2018: Quantentechnologie – von den Grundlagen zum Markt: Rahmenprogramm der Bundesregierung, S. 23–24.

10 RAND Corporation 2020: Future Quantum Computers May Pose Threat to Today's Most-Secure Communications. Online unter: <https://www.rand.org/news/press/2020/04/09.html> (letzter Zugriff: 08.02.2021).

11 Wolf, Ronald de 2017: The Potential Impact of Quantum Computers on Society. In: Ethics and Information Technology Vol. 19, S. 271–276, hier S. 275.

12 ebd., S. 274–275.

## 3. Lösungsansätze

---

Um zu verhindern, dass der Einsatz von Quantencomputern lediglich ohnehin schon bestehende Ungleichheiten verschärft, muss die Entwicklung dieser Geräte von Anfang an von einer gesamtgesellschaftlichen Debatte begleitet (3.1) und in einen regulatorischen Rahmen eingebettet werden (3.2). Außerdem muss gewährleistet werden, dass auch jene Akteurinnen und Akteure, die keinen Quantencomputer besitzen, Zugang zu dieser Technik erhalten (3.3).

### 3.1 Gesellschaftliche Debatte

Tendenziell werden Debatten über die Entwicklung und den Einsatz hochkomplizierter Verfahren oder Produkte nur zwischen Expertinnen und Experten und oft hinter verschlossenen Türen geführt. Das Problem solcher geschlossenen Gesprächskreise ist, dass sie nur bestimmte Ansichten replizieren. Das bedeutet einerseits, dass Interessen von nicht repräsentierten Akteurinnen und Akteuren übersehen werden (wie z. B. im Zusammenhang mit der Entwicklung von Gesichtserkennungssoftware geschehen, die nur für weiße Gesichter funktioniert).<sup>13</sup> Andererseits laufen geschlossene Gesprächskreise auch Gefahr, sich das Innovationspotenzial unverstärkter Blicke auf eine relativ vertraute Thematik entgehen zu lassen.

Um diesen Tendenzen entgegenzuwirken und um nachhaltige, gesellschaftsverträgliche Lösungen für die drei oben erwähnten Herausforderungen zu finden, ist es entscheidend, die Potenziale und Risiken von Quantencomputern offen und kontrovers zu diskutieren. Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft müssen sich explizit mit Quantentechnik und mit der Ungleichheitsthematik auseinandersetzen, um zu identifizieren, welche Potenziale Quantencomputer für ihre jeweiligen Institutionen bereithalten. Und um sicherzustellen, dass sie gut auf die Ein-

führung von Quantencomputern vorbereitet sind. Soll eine gesamtgesellschaftliche Akzeptanz von Quantencomputern erreicht werden, ist es ebenso wichtig, dass auch die breite Allgemeinheit die Vor- und Nachteile von Quantencomputern und Quantentechnik diskutiert.

Entscheidend für den Erfolg eines öffentlichen Diskurses über Quantencomputer ist die Entmystifizierung dieser Geräte und der Quantentheorie allgemein. Üblicherweise wird die Quantencomputern zugrundeliegende Technik als seltsam, mysteriös oder gar überirdisch bezeichnet.<sup>14</sup> Der berühmte Physiker Richard Feynman soll einmal gesagt haben, „wer behauptet Quantentheorie verstanden zu haben, hat sie nicht verstanden“.<sup>15</sup> Solche Beschreibungen von Quantencomputern sind nicht hilfreich, schrecken ab und stehen einer abgeklärten Auseinandersetzung mit diesen Geräten im Weg. Stattdessen wäre es besser, die Potenziale und Risiken von Quantencomputern anhand konkreter Anwendungsfälle zu beleuchten und zu diskutieren. Damit dies gelingt, müssen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger sowie die Bevölkerung über die grundlegenden Fragen der Quantencomputer aufgeklärt werden. Dies kann bspw. durch Informationsangebote wissenschaftlicher Einrichtungen, durch Medienkampagnen oder im Schulunterricht erfolgen. Ein gutes Beispiel ist eine aktuelle Initiative der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN), die interessierte Personen in kostenlosen Onlinevorlesungen an Quantencomputer heranführt.<sup>16</sup>

Ein Grundverständnis von Quantencomputern reicht dabei vollkommen aus. Denn deren gesellschaftspolitische Bewertung erfordert keine Detailkenntnisse ihrer genauen Funktion. Man kann die Entwicklung von Solaranlagen fördern, ohne genau zu verstehen, wie eine Solaranlage im Detail funktioniert. Und man kann Atombomben verbieten, ohne im Detail mit Nuklear-

physik vertraut zu sein. Weder Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger noch Bürgerinnen und Bürger sollten sich daher von der technischen Komplexität von Quantencomputern abschrecken lassen, wenn es darum geht, über die Risiken und Potenziale dieser Technologie nachzudenken.

### 3.2 Demokratische Aufsicht

Außerdem sollte sichergestellt werden, dass sich grundlegende Entscheidungen bezüglich der Konstruktion und des Betriebs von Quantencomputern nicht demokratischer Aufsicht und Kontrolle entziehen. Angesichts der oben erwähnten signifikanten sicherheitspolitischen Dimension dieser Computer muss gewährleistet werden, dass das Potenzial von Quantum Communication (2.1) im Interesse der Gesellschaft realisiert wird und nicht zum Einsatz kommt, um bestehende Sicherheitsinfrastrukturen oder den Datenschutz zu unterlaufen. Gleichzeitig müssen auf nationaler, regionaler und internationaler Ebene rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen werden, die verhindern, dass aktuelle Vorreiterrollen durch Standardsetting und durch die Patentierung von Wissen zementiert werden (2.2). Weiterhin sollte durch rechtliche und marktwirtschaftliche Maßnahmen monopolistischen Tendenzen entgegengewirkt werden (2.3 und 3.3). Dabei ist natürlich stets darauf zu achten, dass regulatorische Maßnahmen die Entwicklung von Quantencomputern nicht behindern oder wirtschaftliche Akteurinnen und Akteure abschrecken. Allein angesichts des ungeheuren

Potenzials von Quantencomputern, bestehende Ungleichheiten zu verschärfen, ist es unerlässlich sicherzustellen, dass diese Computer einer demokratischen Aufsicht unterstellt werden.

### 3.3 Technologie teilen

Angesichts des Potenzials, bestehende Ungleichheiten zu verschärfen, sollten Lösungen gefunden werden, die auch jenen Akteurinnen und Akteuren den Zugang zu Quantencomputern erlauben, die keinen solchen besitzen. Dies ließe sich z. B. durch Cloudangebote realisieren: Unternehmen oder auch Staaten, die einen Quantencomputer besitzen, würden anderen über das Internet für gewisse Zeiträume bestimmte Kapazitäten des Computers zur Verfügung stellen. Dieses Modell ist v. a. deshalb attraktiv, weil es standortunabhängige Zugriffsmöglichkeiten auf Quantencomputer schafft. Ein Entwickler aus Cottbus könnte also über die Cloud auf einen Quantencomputer in Kalifornien zugreifen und den dortigen Rechner einen in Cottbus programmierten Algorithmus verarbeiten lassen. Ein prominentes Beispiel für solch eine Cloudlösung ist etwa die „Quantum Experience“ von IBM.<sup>17</sup> Natürlich lösen Cloudangebote das Problem des Hardware-Standard-Settings (2.2) durch eine sehr begrenzte Zahl von Akteurinnen und Akteuren nicht vollständig. Sie könnten die ungleiche Verteilung von Hardware aber zumindest etwas abmildern (2.3) und die Beteiligung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern bzw. Enthusiastinnen und Enthusiasten aus aller Welt an der Erforschung und Entwicklung von Quantencomputern möglich machen.

13 Breithut, Jörg 2020: Wie der Rassismus in die Software kommt. Spiegel Online, 13.6.2020, online unter: <https://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/gesichts-erkennung-wie-der-rassismus-in-die-software-kommt-a-d387e98a-8b16-428e-914a-17ddfa49a1f6> (letzter Zugriff: 08.02.2021).

14 Carroll, Sean 2019: *Something Deeply Hidden: Quantum Worlds and the Emergence of Spacetime*, Penguin; Styer, Daniel F. 2000: *The Strange World of Quantum Mechanics*, Cambridge University Press.

15 Grinbaum, Alexei 2017: Narratives of Quantum Theory in the Age of Quantum Technologies. In: *Ethics and Information Technology* Vol. 19, S. 295–306, hier S. 302.

16 CERN 2020: Online introductory lectures on quantum computing from 6 November. Online unter: <https://home.cern/news/announcement/computing/online-introductory-lectures-quantum-computing-6-november> (letzter Zugriff: 08.02.2021).

17 IBM 2016: Quantum Experience. Online unter: <https://quantum-computing.ibm.com/> (letzter Zugriff: 08.02.2021).

## 4. Fazit

---

Sich einem Thema aus regulatorischer Sicht zu nähern, bedeutet immer, sich auf Gefahren, Risiken und problematische Fragestellungen zu konzentrieren. So verhält es sich auch mit dieser kurzen Analyse zur regulatorischen Stellung von Quantencomputern. Deren enormes Potenzial in den unterschiedlichsten Bereichen – etwa in der Medizin, der Navigation und der Energiegewinnung, aber auch in der optimalen Nutzung von Ressourcen – zu einer Verbesserung der aktuellen Umstände beizutragen, ist nicht von der Hand zu weisen. Doch gerade weil das Potenzial dieser Computer so bahnbrechend ist, ist darauf zu achten, dass diese positiven Effekte von Quantentechnologie nicht dadurch negiert oder

relativiert werden, dass sie nur wenigen vorbehalten bleiben, bestehende Ungleichheiten verstärken oder missbräuchlich verwendet werden. Daher müssen ihr Einsatz und ihre Entwicklung von einer kontrovers geführten gesellschaftlichen Debatte begleitet werden. Es muss außerdem ein regulatorischer Rahmen geschaffen werden, der sicherstellt, dass der Einsatz von Quantencomputern nicht zu einer Gefährdung der Sicherheit und Privatsphäre von Individuen führt. Schließlich sollte der Zugang zu Quantencomputertechnik so leicht wie möglich gemacht werden. Wenn dies gelingt, können wirklich alle von der Entwicklung eben dieser Computer profitieren.

## Autor

---



**Dr. Valentin Jeutner** ist Associate Professor of Law an der Universität zu Lund in Schweden und leitet dort das Quantum Law Project. Das Quantum Law Project ist die erste Forschungsinitiative, die sich ausschließlich auf die Untersuchung der rechtlichen und gesellschaftlichen Implikationen von Quantum Computing konzentriert. Darüber hinaus setzt sich Dr. Jeutner in seiner Lehr- und Forschungstätigkeit mit grundlegenden Fragen des (internationalen) Rechts auseinander.

