



MANAGEMENTKOMPASS
03 / 2021

Quanten- computing

F.A.Z.-INSTITUT

sopra  steria



Frédéric Munch
Vorstand
Sopra Steria

„Quantencomputing wird in Zukunft zu den zentralen Grundlagentechnologien zählen und gewinnt schon heute in Schlüsselbereichen der deutschen Wirtschaft an Relevanz. Längst gibt es mehr Mitspieler auf dem Markt als nur die großen Player aus den USA. Stellen wir jetzt die Weichen richtig, hat Europa die Chance, sich als führender Standort zu etablieren.“



Frank Weber
Entwicklungsvorstand
der BMW AG

„Quantencomputing ist eine wegweisende Zukunftstechnologie und hat erhebliches Potenzial für eine Vielzahl von Anwendungen – zum Beispiel in der Batteriezellchemie oder für das automatisierte Fahren.“

EXECUTIVE SUMMARY

Keine Science-Fiction mehr 4

TREND

Quantencomputing kommt 6

Potenzialanalyse 8

THINK TANK

Quantencomputer als schnelle Optimierer 9

Europäischer Quantencomputer ab 2022 12

Prof. Dr. Frank Wilhelm-Mauch rechnet mit schnellen Fortschritten bei deutschen Quantencomputern

PRAXIS

Erste Cloud-Angebote 14

Chancen für die Logistik 16

Q-Akteure in Deutschland 18

Forschung, Staat und Wirtschaft gemeinsam für mehr Quanten-Wettbewerbsfähigkeit

Bessere Risikomodelle für die Finanzbranche 20

DENKANSTOSS

Evolution statt Revolution 23

THINK TANK

Quantencomputing als neue Bedrohung 24



Rory McLaren
Technology Strategist der
Gruppe Deutsche Börse

„Quantencomputing bietet ein enormes Potenzial für die Kapitalmärkte in den Bereichen der Simulation, Optimierung, KI/ML und Kryptographie. Im Risikomanagement könnte diese Technologie beispielsweise eingesetzt werden, um die Einflüsse unterschiedlicher Parameter besser zu simulieren.“



VORWORT

Die ersten kommerziell verfügbaren Quantencomputer zeigen, dass Quanteneffekte tatsächlich zur Lösung von Optimierungsaufgaben und Simulationen geeignet sind. Die Einsatzmöglichkeiten sind noch sehr begrenzt und die Fehlerquoten hoch, doch Forscher und Unternehmer insbesondere aus den USA, Europa und China arbeiten intensiv an der Weiterentwicklung der Quantentechnologie. Deutsche Forscher könnten sich dank großzügiger staatlicher Unterstützung bald einen Spitzenplatz unter den Entwicklern von Quantencomputern sichern. Schon jetzt tragen Grundlagenforschung und Zulieferteile aus Deutschland auch zum Erfolg US-amerikanischer Quantencomputer bei.

Außerhalb der Quantenforschung stehen Unternehmen vor der Aufgabe, Anwendungen und Geschäftsmodelle für Quantencomputing zu entwickeln. Einige Branchen sind hier Vorreiter wie Chemie und Pharma, Automobil, Logistik und Finanzdienstleistungen. Unternehmen, die in die Quantentechnologie investieren, gestalten die technologische Entwicklung mit und sichern sich Wettbewerbsvorteile.

Doch von Quantencomputing gehen neben Chancen auch Risiken aus: So lassen sich mit leistungsfähigen Maschinen wahrscheinlich auch einige herkömmliche kryptographische Verfahren aushebeln. Doch auch hierfür entwickeln Forscher bereits neue Lösungen.

*Sopra Steria
F.A.Z.-Institut*

PRAXIS

Daten schützen. Jetzt! 26
Maßnahmen für mehr Datensicherheit

THINK TANK

Kampf gegen den Klimawandel 28

BLICKWECHSEL

Mit Digital Annealing
Quanteneffekte nutzen 30

PERSPEKTIVEN

Buch & Web 32
Glossar 34
Aktuelle Studien 35
Impressum 35

EXECUTIVE SUMMARY

Keine Science-Fiction mehr

Die Leistungsfähigkeit von Quantencomputing steigt und eröffnet für die Zukunft neue Wettbewerbsvorteile für Branchen wie Logistik, Automobil, Chemie, Pharmazie, Materialforschung und Finanzen. Aber auch Unternehmen und Verwaltungen, für die Datensicherheit essenziell ist, sollten sich mit der Technologie jetzt schon beschäftigen.

1. Vorbereitet sein ist alles: Unternehmen und Verwaltungen sollten die Entwicklung im Quantencomputing generell und speziell in ihren eigenen Branchen oder Fachbereichen genau verfolgen. Für einige Branchen und Aufgaben wird Quantencomputing auf lange Sicht zwar relevanter sein als für andere. Doch das Thema Post-Quantum-Kryptographie könnte schon in wenigen Jahren viele Organisationen betreffen.

Es gibt zwar heute noch keine praxistauglichen Quantencomputer, die bei der Lösung alltäglicher Aufgaben von Unternehmen und Verwaltungen klassischen Computern überlegen sind. Doch die Entwicklung auf diesem Gebiet schreitet schnell voran. Experten erwarten einen Durchbruch bereits innerhalb der kommenden zehn Jahre. In manchen Branchen dürfte Quantencomputing dann zu einem Wettbewerbsvorteil werden. Dazu gehören vor allem Logistik, Telekommunikation, Chemie, Materialentwicklung und Ingenieurwesen, Medizin und Pharma, Finanzdienstleistungen und IT-Sicherheit.

Neben den Chancen bringt Quantencomputing aber auch neuartige Risiken, zum Beispiel in Bezug auf herkömmliche Verschlüsselungsverfahren. Gerade öffentliche Verwaltungen und Finanzdienstleister sollten die Entwicklungen im Quantencomputing auch unter Sicherheitsaspekten verfolgen.

2. Quantencomputing wird anfangs nur für spezielle Aufgabenstellungen geeignet sein. Dazu gehören Optimierungsberechnungen für komplexe Systeme sowie Simulationen von Szenarien, Molekülen und chemischen Prozessen. Es sollte deshalb geprüft werden, ob diese Art von Aufgaben für die eigene Organisation relevant ist.

Qubits können im Vergleich zu ihrem klassischen Analogon – den Bits – viel mehr Information gleichzeitig repräsentieren und somit in jeder Rechenoperation mehr Daten verarbeiten. Für viele Anwendungen ergeben sich so stark beschleunigte Algorithmen. Statt Jahre auf klassischen Computern benötigen Quantencomputer nur Sekunden.

So lassen sich Wetterprognosen und Finanzrisikomodelle mit Hilfe von Quantencomputern mit wesentlich mehr Parametern rechnen als mit klassischen Computern und das sogar in Echtzeit. Machine Learning und Künstliche Intelligenz gewinnen durch Quantencomputing drastisch an Leistungsfähigkeit. Auf diese Weise können große Datenbestände verarbeitet werden, um Muster in Daten aufzuspüren, wobei mehrere Lösungswege gleichzeitig berechnet werden können. Selbst bislang unlösbare, da sehr komplexe Probleme könnten in Zukunft mit Quantenalgorithmen angegangen werden. Dazu gehören möglicherweise auch der Klimawandel oder bislang unheilbare Krankheiten.

3. Der Zugriff auf Quantencomputer wird vor allem in der Anfangszeit über die Cloud angeboten werden. Schon heute betreiben nordamerikanische Unternehmen Quanten-Clouds, die zur Forschung oder für praktische Erfahrungen mit Quantencomputing genutzt werden können – auch von Unternehmen. Ein Test lohnt sich, um die eigene IT-Abteilung mit der neuen Art von Algorithmen vertraut zu machen.

Quantencomputer dürften auch in Zukunft vor allem in Hybridlösungen eingesetzt werden, um bereits existierende Informationstechnologie zu ergänzen. Für einfache Aufgaben wird herkömmliche Hard- und Software weiterhin besser geeignet sein. Heutige Computer haben den großen Vorteil, dass sie zuverlässig funktionieren und robust sind. Quantencomputer sind dagegen technisch sehr aufwendig und sensibel. Vieles erinnert an die Anfangszeiten der klassischen Informationstechnologie.

Die bisherigen Quantum-Cloud-Angebote sind zwar Ready-to-Use-Lösungen, doch ohne Kenntnisse in Quantencomputing kaum von Unternehmen und Verwaltungen nutzbar. Dafür sind Mitarbeiter erforderlich, die anstehende Aufgaben auch auf mathematischer und physikalischer Ebene durchdringen. Ein klassisches Informatikstudium genügt dafür nicht. Es gibt mittlerweile bereits erste Quantencomputing-Angebote von Universitäten und Fachhochschulen auch in Deutschland.

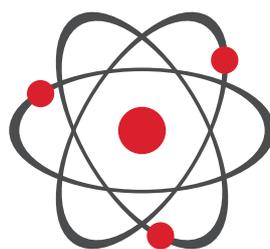
4. Bei der Verschlüsselung von Daten leitet Quantencomputing einen Paradigmenwechsel ein. Forscher arbeiten derzeit an neuen Standards für eine Post-Quanten-Kryptographie. Denn ein Großteil der heute eingesetzten asymmetrischen kryptographischen Verfahren kann nicht mehr als sicher betrachtet werden, wenn Quantencomputer einmal leistungsfähig genug sind.

Eine Lösung verspricht die Post-Quanten-Kryptographie. Dazu werden quantenresistente Algorithmen auf klassischen IT-Plattformen implementiert. Wie heutige Algorithmen gründen sie Sicherheit auf mathematische Komplexität, aber mit anderen Verfahren.

Das BSI hat im Hochsicherheitsbereich bereits mit der Migration zur Post-Quanten-Kryptographie begonnen. Es steht ein zum Schutz von Verschlusssachen bis zum Einstufungsgrad „Geheim“ zugelassenes Produkt zur Verfügung, das ein Post-Quanten-Verfahren zur Schlüsselverteilung umsetzt.

Doch bis Post-Quanten-Kryptographie zum Standard wird, könnten noch Jahre vergehen. Unternehmen und Verwaltungen, die vertrauliche Daten über öffentliche Netze verbreiten und mit asymmetrischen oder hybriden kryptographischen Verfahren verschlüsseln, sollten dennoch aktiv werden. Denn heute von Hackern erbeutete Daten können in Zukunft möglicherweise entschlüsselt werden. Um die Bedrohung zu begrenzen, sind Datenvermeidung und Datensparsamkeit zu empfehlen. Insbesondere der Umfang der Übertragung vertraulicher Daten über öffentliche Netze sollte hinterfragt werden. Outsourcing oder Cloud-Nutzung sind ebenfalls erwägenswert. Dazu gehört auch, Redundanzen in der Datenhaltung aufzulösen, die Speicherdauer zu begrenzen und sichere Lösungsverfahren zu verwenden. Ein zweiter Ansatz ist, die Hürde für das Entschlüsseln von Daten bereits mit heutiger Technologie möglichst hoch zu setzen. «

kurz & knapp

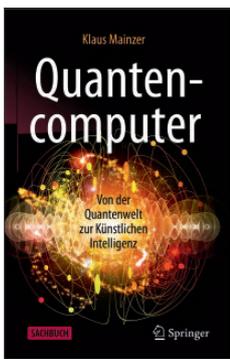


35 Prozent der Unternehmen und Verwaltungen halten Quantencomputing für die eigene Branche für relevant.

Quelle: Potenzialanalyse „Quantencomputing“ (Sopra Steria), 2021

Buch & Web

FACHLITERATUR



Klaus Mainzer:

Quantencomputer: Von der Quantenwelt zur Künstlichen Intelligenz. Springer 2021

Die Grundlagen von Quantencomputing verständlich zu erklären – von den mathematischen und physikalischen Grundlagen bis zu den technischen Anwendungen – ist das Hauptziel dieses sehr empfehlenswerten Buchs. Tatsächlich werden alle wesentlichen Themen detailliert und mit Tiefgang dargestellt. Ganz ohne Mathematik geht es dabei nicht, aber auch mathematisch Unbegabte dürften sich in dem Buch zurechtfinden. Der Autor ist Experte für Künstliche Intelligenz und geht deshalb besonders darauf ein, wie stark KI von der Quantentechnologie profitieren kann. Dabei zeigt Mainzer auch die möglichen Gefahren für Mensch und Gesellschaft auf. Er plädiert dafür, möglichst bald in einen gesamtgesellschaftlichen Dialog über die Chancen und Risiken von KI und Quantencomputing einzutreten.



Anders Indset:

Quantenwirtschaft: Was kommt nach der Digitalisierung? Econ 2020

Der bekannte Wirtschaftsphilosoph Indset betrachtet die rasante Entwicklung von Künstlicher Intelligenz und den zukünftigen Verheißungen von Quantencomputing kritisch. Können menschliche Bedürfnisse tatsächlich von Computern erkannt und letztlich auch befriedigt werden? Wie stark werden Algorithmen in unseren Alltag eingreifen? Technologie wird nicht die Antwort auf alle Herausforderungen sein. Indset setzt sich für ein ganzheitlich orientiertes Denken, Planen und Wirtschaften ein, das über den bisher dominierenden, „kalten“ Rationalismus hinausreicht. Den Begriff „Quantenwirtschaft“ verwendet er in diesem Sinne als Metapher für eine neue, nachhaltigere Lebens- und Wirtschaftsweise, die auf Vernetzung beruht – analog zur Verschränkung der kleinsten atomaren Teilchen.

LINKS

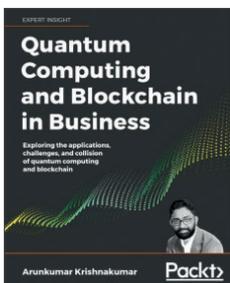
- » <https://www.quantentechnologien.de/>
Themenseite des BMBF zu den wichtigsten deutschen Quanten-Initiativen
- » <https://t1p.de/quantenfoerderung>
Überblick über Förderprogramme für Quantencomputing des BMWi
- » <https://t1p.de/kryptographie>
Handlungsempfehlungen des BSI zur Migration in die Post-Quanten-Kryptographie



Bettina Just:

Quantencomputing kompakt. Spukhafte Fernwirkung und Teleportation endlich verständlich. Springer Vieweg 2021

Im Fokus dieser Einführung stehen die Algorithmen, mit denen auf Quantencomputern Rechenoperationen durchgeführt werden. Die Funktionsweise dieser Quantenalgorithmen erläutert Just detailliert mit Hilfe von Modellen und Abbildungen sowie anhand konkreter Rechenbeispiele. Wer Quantencomputing wirklich verstehen will, kommt letztlich um die Mathematik der Quantenmechanik nicht herum. Die Autorin bietet hierfür einen denkbar einfachen Einstieg ohne höhere Mathematik. Interessant sind auch ihre Ausführungen zu den Systemeigenschaften von Quantencomputern. Da Qubits sich über die Quantenverschränkung gegenseitig beeinflussen, arbeitet ein Quantenschaltkreis wie ein selbstorganisierendes System. Aus diesem Grund lassen sich Quantenalgorithmen auch dazu verwenden, das Verhalten komplexer Systeme zu simulieren. Die Quantenschaltkreise schwingen sich regelrecht in eine Aufgabe ein und finden die Lösung durch die natürliche Wirksamkeit der Quanteneffekte.



Arunkumar Krishnakumar:

Quantum Computing and Blockchain in Business: Exploring the applications, challenges, and collision of quantum computing and blockchain. Packt 2020 (Englisch)

Das Buch nimmt die beiden Technologien Distributed Ledger und Quantum Computing unter die Lupe und prüft, welche neuen Geschäftsmodelle und Anwendungen sich für Unternehmen und Verwaltungen daraus ergeben können. Krishnakumar ist Investor bei einem Venture-Capital-Unternehmen sowie Fintech-Blogger und hat einen guten Blick für die geschäftlichen Chancen neuer Technologien. Im ersten Teil des Buchs erläutert er zunächst anschaulich die Besonderheiten beider Technologien. Im zweiten Teil stellt er mögliche Praxisanwendungen vor, insbesondere aus der Finanzbranche, der öffentlichen Verwaltung, der chemischen Industrie sowie für Pharma und Medizin. Er geht detailliert auf Sicherheitsthemen ein und zeigt, welche Distributed-Ledger-Technologie als „Post-Quantum-Blockchain“ auch dem Angriff von Quantencomputing standhalten kann. Interviews mit Forschern und Praktikern runden das Buch ab.

Glossar

» Atomfalle

Technik zum Einfangen neutraler Atome bei Tiefsttemperaturen, um mit ihnen beispielsweise Operationen für das Quantencomputing durchzuführen.

» Adiabatischer Quantencomputer

Spezieller Quantencomputer für Optimierungsaufgaben (auch: Quantum Annealing). Vereinfacht geht es um die Frage, wie eine Ressource optimal genutzt werden kann. Der adiabatische Quantencomputer führt keine mathematischen Berechnungen im klassischen Sinne durch. Das Optimum einer Rechengröße wird vielmehr mit dem Minimum der Energie eines Quantensystems identifiziert, in dessen innerer Struktur die Optimierungsaufgabe angelegt ist.

» Digital Annealing

Technologie zur Lösung kombinatorischer Optimierungsprobleme in Echtzeit. In einem speziell dafür entwickelten Chip ist jedes Bit mit jedem anderen Bit verbunden. Daher kann der Chip viele Rechenoperationen sehr schnell parallel ausführen. Digital Annealing wurde durch Quantenphänomene inspiriert, ist aber kein Quantencomputing.

» Distributed-Ledger-Technologie (DLT)

Dezentrale Datenbank, bei der die Daten und Transaktionen bei jedem Teilnehmer im Netzwerk redundant verschlüsselt gespeichert werden. Die Konsistenz und Richtigkeit der Teilnehmerdaten wird durch einen Konsensalgorithmus sichergestellt. Das Löschen von Daten ist nicht vorgesehen, weshalb personenbezogene Daten nicht gespeichert werden sollten. Die Blockchain basiert auf DLT.

» Grover-Algorithmus

Quantenalgorithmus zur Suche in unsortierten Datenbanken.

» Ionenfalle

In einer Ionenfalle werden Ionen, also elektrisch geladene Atome oder Moleküle, mittels elektrischer und magnetischer Felder festgehalten, um sie etwa für Operationen im Quantencomputing einzusetzen.

» Machine Learning

Computersystem, das selbständig lernt, Probleme zu lösen. Dafür wird das System befähigt, aus einer Vielzahl von Daten Muster zu erkennen. Danach kann es auch unbekannte Daten beurteilen.

» Post-Quantenkryptographie

Kryptographische Verfahren, von denen angenommen wird, dass sie auch mit Hilfe eines Quantencomputers nicht zu brechen sind. Im Gegensatz zur Quantenkryptographie werden diese Verfahren auf klassischer Hardware implementiert.

» Quantencomputing

Quantencomputer arbeiten mit Qubits. Ein Qubit kann im Zustand 0 oder 1 sein, es kann aber durch Überlagerung (Superposition) auch fast beliebige Mischzustände annehmen. Diese bilden ein mehrdimensionales Kontinuum zwischen 0 und 1. Dadurch lassen sich deutlich mehr Informationen speichern. Werden mehrere Qubits miteinander verkoppelt, steigt die Zahl der möglichen Kombinationen exponentiell und damit die Rechenleistung.

» Quanteneffekte

In der Welt der Quanten lassen sich Effekte beobachten, die mit der klassischen Physik nicht erklärbar sind: Licht kann als Teilchen oder als Welle auftreten; Ort und Geschwindigkeit eines Teilchens lassen sich nicht gleichzeitig beliebig genau messen. Einzelne Teilchen verhalten sich nicht deterministisch, in der Masse folgen sie aber statistischen Vorhersagen.

Teilchen können auch miteinander verschränkt sein, das heißt, unabhängige, räumlich getrennte Teilchen tauschen untereinander ohne Zeitverzögerung Informationen über Ihren Zustand aus. Die verschränkten Teilchen befinden sich damit in einem definierten Zustand.

» Quantenkommunikation

Übertragung von Quantenzuständen über eine räumliche Distanz. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen vom sicheren Schlüsselaustausch bis zur Skalierung von Rechenleistung durch den Zusammenschluss mehrerer räumlich getrennter Quantencomputer.

» Quantenkryptographie

Einsatz quantenmechanischer Effekte zur Datenverschlüsselung. Dazu gehört etwa der Austausch von Schlüsseln. Wenn dieser über einen Quantenkanal erfolgt, kann ein Dritter eine laufende Nachricht nicht abhören, ohne dass sich diese verändert.

» Quantenbit (Qubit)

Elementare Rechen- und Speichereinheit eines Quantencomputers.

» Store now, decrypt later

Angreifer können heute verschlüsselte Daten erbeuten, die sie aber erst in Zukunft etwa mit Hilfe von Quantencomputing entschlüsseln.

» Supraleiter

Materialien, deren Widerstand beim Unterschreiten einer bestimmten Temperatur gegen null geht.

» Universeller Quantencomputer

Ein Universal-Gate-Quantencomputer eignet sich für algorithmische Aufgaben beliebiger Komplexität und Art. Dafür müssen Algorithmen entwickelt werden, die Quanteneffekte nutzen.

Aktuelle Studien



Managementkompass Organisation x.0

Die Digitalisierung verändert die Art und Weise, wie sich Unternehmen und Verwaltungen organisieren. Die Pandemie hat bestehende Abläufe auf den Kopf gestellt. Fragen, die heute beantwortet werden müssen, sind: Wie hierarchisch soll unsere Organisation sein? Wie orts- und zeitflexibel können wir arbeiten? Denken wir noch in klassischen Büros oder wollen wir wortwörtlich Wände einreißen? Es gilt, Antworten zu finden, die sowohl dem eigenen Geschäftsmodell als auch den sich verändernden Ansprüchen der Beschäftigten entsprechen.

Managementkompass Resilienz

Rasche Veränderungen und Ungewissheit prägen die Märkte nicht erst seit der Covid-19-Pandemie. Sowohl der technologische Fortschritt als auch kleine und große Krisen beeinflussen die Grundstruktur von Wirtschaft und Verwaltung. Organisationen müssen deshalb resilienter werden, um den Wandel nicht nur abzufedern, sondern um frühzeitig neue Chancen wahrzunehmen. Der Managementkompass zeigt mit Praxisbeispielen, wie sich die Resilienz erhöhen lässt.



Branchenkompass Insurance

Befragung von 108 Führungskräften von Versicherungsgesellschaften und Vermittlungsunternehmen in Deutschland zu den aktuellen Herausforderungen und Trends der Branche. Der Branchenkompass enthält zudem drei Experteninterviews: mit Michael Diener (Vorstandsmitglied der Neuen Rechtsschutz-Versicherungsgesellschaft AG NRV), Guido Leber (Bereichsleiter für Konzern- und Unternehmensstrategie der ALH Gruppe) und Dr. Matthias Uebing (Gründer und Vorstand der mailo Versicherung AG).

IMPRESSUM

Haftungsausschluss: Alle Angaben wurden sorgfältig recherchiert und zusammengestellt. Für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts sowie für zwischenzeitliche Änderungen übernehmen Redaktion, Verlag und Herausgeber keine Gewähr.

© November 2021

Sopra Steria SE
Hans-Henny-Jahnn-Weg 29, 22085 Hamburg

F.A.Z.-Institut für Management-, Markt- und Medieninformationen GmbH
Frankenallee 71–81, 60327 Frankfurt am Main

Verlag: F.A.Z. BUSINESS MEDIA GmbH –
Ein Unternehmen der F.A.Z.-Gruppe
Frankenallee 71–81, 60327 Frankfurt am Main
Geschäftsführung: Dominik Heyer, Hannes Ludwig

ISBN: 978-3-948353-36-0

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien.

Titelfoto: DP – stock.adobe.com

Redaktion: Eric Czotscher, Thilo Kampffmeyer, Jacqueline Preußer
Gestaltung und Satz: Christine Lambert
Lektorat: Juliane Streicher

Genderhinweis: Wir streben an, gut lesbare Texte zu veröffentlichen und dennoch in unseren Texten alle Geschlechter abzubilden. Das kann durch Nennung des generischen Maskulinums, Nennung beider Formen („Unternehmerinnen und Unternehmer“ bzw. „Unternehmer/-innen“) oder die Nutzung von neutralen Formulierungen („Studierende“) geschehen. Bei allen Formen sind selbstverständlich immer alle Geschlechtergruppen gemeint – ohne jede Einschränkung. Von sprachlichen Sonderformen und -zeichen sehen wir ab.

Druck und Verarbeitung:
Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG
Sontraer Straße 6, 60386 Frankfurt am Main
www.zarbock.de

Mit Ökofarben auf umweltfreundlichem Papier gedruckt.
Diese Studie wurde klimaneutral hergestellt. Der CO₂-Ausstoß wurde durch Klimaschutzprojekte kompensiert.



Ansprechpartner

Sopra Steria SE
Corporate Communications
Birgit Eckmüller
Hans-Henny-Jahn-Weg 29
22085 Hamburg
Telefon: (040) 22703-5219
E-Mail: birgit.eckmueller@soprasteria.com

F.A.Z.-Institut für Management-, Markt-
und Medieninformationen GmbH
Jacqueline Preußner
Frankenallee 71–81
60327 Frankfurt am Main
Telefon: (069) 7591-1961
E-Mail: j.preusser@faz-institut.de

ISBN: 978-3-948353-36-0



F.A.Z.-INSTITUT

sopra  steria