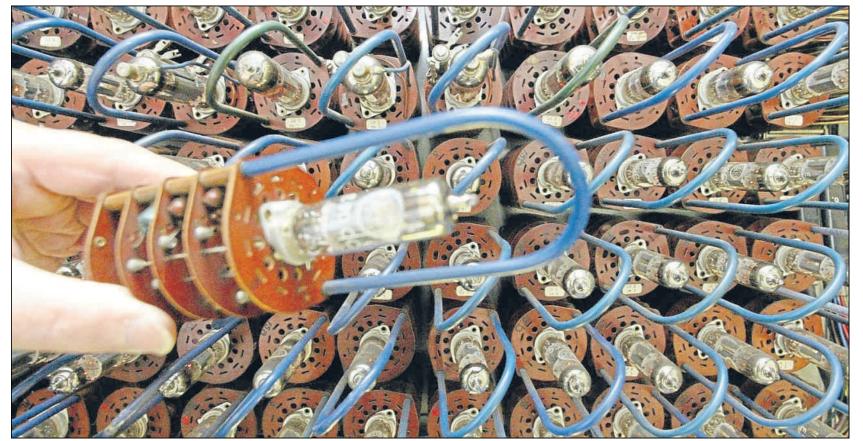
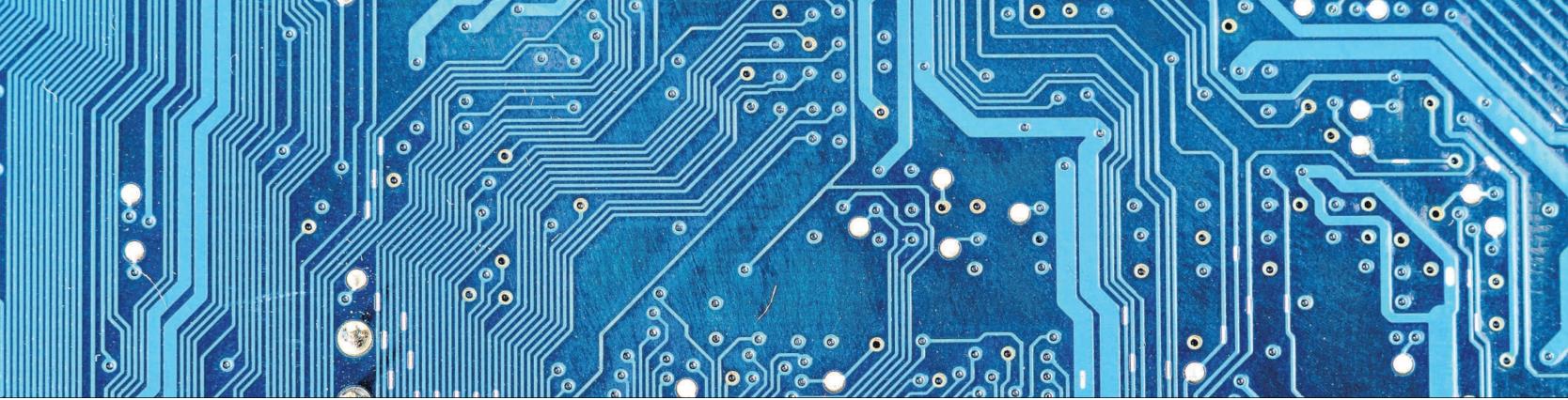
ERFINDUNG DES COMPUTERS Weil er zu faul zum Rechnen war, entwickelte der deutsche Tüftler Konrad Zuse mitten im Zweiten Weltkrieg seine "Z 3": Vor 75 Jahren wurde die riesige Rechenmaschine in Berlin vorgestellt. Heute gilt sie als der erste funktionsfähige Computer der Welt. Der läutete eine rasante Entwicklung ein, die unsere Welt dramatisch verändert hat – die digitale Revolution. Heute kann sich kaum jemand mehr seinen Alltag ohne den elektronischen Alleskönner vorstellen





Die Revolution aus der digitalen Schrankwand

VON JOHANNA HEINZ etzt also auch noch Go. Im März dieses Jahres schlug ein Computer den Südkoreund Sedol selbst. Der war sich wenoch sicher, er werde haushoch gespiel galt als eine Bastion menschlicher Intelligenz. Es ist deutlich komplexer als Schach und lebt von Frauen saßen. Er sagte: »Das ist doch nen Computers. Sie rechnete auch tion, was die Zuge für den Gegfurchtbar so; das muss anders ner schwer berechenbar macht. Das hen, einfacher gehen.«" Besondere: Das Programm Alpha-Go der Google-Tochter DeepMind arbeitet teilweise mit neuronalen Originalfotos wurde bei einem Netzen, also Strukturen, die dem menschlichen Gehirn nachempfunzerstört. Inzwischen gibt es mehnärzahlen zu verwenden. Nach sei-

der künstlichen Intelligenz, ähnlich dem Sieg des IBM-Programms Watson, das 2011 in der Sendung "Jeopardy!" zwei menschliche Quizkönige bezwang. Systeme wie AlphaGo oder Wat-

son stellen den vorläufigen Höhepunkt einer Entwicklung dar, die in den 1940er Jahren eingeläutet wurde und die Welt, in der wir leben, auf dramatische Weise verändert hat. Das ahnte allerdings noch niemand, als Konrad Zuse in Berlin seine Z3 entwickelte. Seit 1935 tüftelte der 25-jährige Bauingenieur im Wohnzimmer seiner Eltern in Berlin-Kreuzberg an einer automatischen Rechenmaschine. Sein erstes Modell, die 1937 fertiggestellte Z 1, funktionierte noch rein mechanisch und war sehr unzuverlässig. Beim zweiten Testmodell, der Z 2, verwendete Zuse erstmals zumindest teilweise elektronische Relais. Auf dieser Technik basierte dann auch die Z 3, die Zuse mit Unterstützung seines Freundes Helmut Schreyer umsetzte. Im Mai 1941, vor 75 Jahren, stellte Zuse sie einigen fachkundigen Gästen vor.

"Ich war zu faul zum Rechnen", schildert er in seiner 1984 erschienenen Autobiografie "Der Computer – Mein Lebenswerk" salopp seine Beweggründe. "In seinem Bauingenieurstudium war er schockiert über die vielen Rechnungen.

damente, die Decken und so weiter", sagt heute sein Sohn, der Informatikprofessor Horst Zuse. Seit dem Tod seines Vaters 1995 wid-Ähnliche Erfahrungen machte Konzeugwerken, wo er ab 1935 arbeinungen durchführen musste. Horst vier Grundrechenarten und konnte meln dazu, aber die damaligen Gemaschinen und Rechenschieber, an ten eingelesen. Damit entspricht der

ne Zeichnung, die Maschine samt puter arbeitet. Bombenangriff im Dezember 1943



Konrad Zuse mit einem Nachbau der

oder im Konrad-Zuse-Museum im

Die Z3 war groß wie eine Schrankwand und wog eine Tonne. Sie besaß ein Rechenwerk, das aus 600 Relais bestand, also elektromechanischen Schaltern, weitere 1600 Relais waren im Speicher verbaut. Die Steuereinheit beherrschte die eine Ein- und Ausgabeeinheit. Die Programme wurden mit Lochkardenen in Großraumbüros bis zu 100 Aufbau der Z 3 dem eines moder-Zahlensystem aus den Ziffern 0 und Von der Z 3 existiert heute nur ei- 1, mit dem noch heute jeder Com-

niz entwickelte 1697 die Idee, Biden sind, und hat sich das Go-Spie- rere Nachbauten, zum Beispiel im nen groben Entwürfen hat das Bonlen selbst beigebracht. Ein Triumph Deutschen Museum in München ner Arithmeum eine Rechenmaschine gebaut, die binär mit Metallkugeln rechnet und sogar die Stufen und nicht kontinuierlich ge-Wurzel ziehen kann. Das Museum rechnet wird, "Auf der Digitaluhr krete Mathematik der Universität den", erklärt Prinz. "Eine analoge Bonn beherbergt an der Lennéstra- Uhr hat im Gegensatz dazu ein Zifße unter anderem die größte Samm- fernblatt, wo die Zeiger kontinuier-

> rische Computer. "Das Dezimalsystem ist das, was wir verwenden, um Dezimalzahlen arbeitet, kann also zu rechnen, also das Zehnersystem im eigentlichen Wortsinn digital sere Finger", sagt Museumsdirekkennt dagegen nur 0 und 1. Weil nach der 1 keine weitere Zahl kommt, wird ein Übertrag auf die nächste Stelle gemacht, wie beim Zehnersystem von der 9 auf die 10. Die 5 ist also im Binärsystem die 101. "Das Binärsystem ist für uns Menschen komplizierter und unüber-

sichtlicher, weil es sehr lange Zah-



Ein Nachbau des Z 3 im Deutschen Museum München: Groß wie eine Schrankwand und über eine Tonne schwer. 1943 wurde das Original bei einem Bombenangriff zerstört. Ein Nachbau kostet rund 90000 Euro.

"Auch Smartphones und Supercomputer heute arbeiten noch immer nach dem

Bereits Gottfried Wilhelm Leib- Informatikprofessor und Sohn Konrad Zuses

sind fest eingeteilte Einheiten: Sie nen weltweit und zahlreiche histo- Zwischenwerte ablesen könnte." Auch eine Rechenmaschine, die mit haben, darstellen zu können.

Entwicklung: Von der Schnecke

(Z 3) zum Ferrari (Smartphone) "Auch Smartphones und Supermer nach dem gleichen Prinzip wie die Arbeiten in der Berliner Werk-Für elektronische Maschinen ist der Vergleich eher dem einer Schne- ne Tonne schweres Monstrum es hingegen ideal. Denn die beiden 💢 cke gegenüber einem Ferrari. Die 🔝 brachte Zuse in mehreren Nachtdernen PCs und Konsorten auch, ein te beispielsweise für eine Multipli-"digitaler" Rechner. Dieses Wort, kation noch rund drei Sekunden. gäu zu verstecken. das dem fundamentalen Umbruch Moderne PCs schalten bis zu drei

statt geschätzten drei Metern das seiner damaligen Haltung ent-Kilometer gebraucht, sprich die Strecke von Bonn bis ins italieni-Ein zentrales Merkmal war bei der gestellt, um "kriegsrelevante For-

nes Computers ist, dass er univer- terstützten Zuse finanziell. spezialisiert auf eine Aufgabe ist, die mehrere hundert Großrechen- zur Frage, ob er Erfinder des Computers sei Smartphone lade, kann es plötzlich kein zerstörtes Land und die Konters zu nennen, wäre aber zu hoch Dinge, die es vorher nicht konnte." kurrenz dort schlief nicht", sagt gegriffen. Denn etwa zeitgleich ent-"turingmächtig". Liggesmeyer: zial nicht erkannt. "Der Grund war Howard H. Aiken an der Harvardeinigen Kunstgriffen wohl univer- steine im Ruhrgebiet rauchten."

sell einsetzbar gewesen wäre." Bemerkenswert waren die Bedin- Ruhm wurde Konrad Zuse erst spät ne eingeführt. 100 Jahre vor Erfin- Jahrzehnte später wurde der IBMgungen, unter denen der junge Er- zuteil. Als er seine Z 3 im Jahr 1967 dung des Computers hatte zudem PC millionenfach auf dem Weltsicherlich in Anlehnung an un- sein. Außerdem arbeitete die Z 3 mit finder seine Apparate entwickelte. zum Patent anmelden wollte, lehn- der englische Mathematiker Charles sogenannten Gleitkommazahlen, Zuse war Autodidakt und vollkom- te das Bundespatentamt ab. Be- Babbage seine "Analytical Engine" torin Ina Prinz. Das Binärsystem um Zahlen, die Nachkommastellen men abgeschnitten von den zeit- gründung: mangelnde Erfindungs- entworfen, eine zwar rein mechagleich andernorts stattfindenden höhe. Heute sind sich Experten nische und mit Dezimalzahlen ar- Computern pro Person, zumindest Entwicklungen. Studien- und weitgehend einig, dass die Z 3 als beitende Maschine, die aber die Ar- in den Industriestaaten. Schulfreunde unterstützen ihn fi- erster funktionsfähiger Digitalrech- chitektur moderner Computer vor- Doch die technische Grundlage nanziell und packten mit an. Die ner bezeichnet werden kann. Kon- wegnahm; sie war programmierbar dafür wurde erst 1947 mit dem Tran- geschätzte drei Prozent der welt-

computer heute arbeiten noch im- terial gebaut. Regelmäßig wurden die Z 3", so Horst Zuse. Allerdings: statt durch Bombenangriffe unter-Was die Rechenleistung und Ge- brochen. Das Nachfolgemodell der schwindigkeit anbetrifft, entspricht Z 3, die Z 4 – ebenfalls ein rund ei-Ziffern können durch "Schalter aus" Z 3 hatte eine Taktfrequenz von rund und Nebelaktionen im Frühjahr und "Schalter an" dargestellt wer- fünf Hertz, das heißt, sie schaltete 1945 zunächst nach Göttingen, um den. Damit war die Z 3, wie die mo- fünf Mal pro Sekunde, und brauch- sie dann bis zum Ende der Kriegswirren in einem Schuppen im All-

Während des Studiums war er der vergangenen 75 Jahre seinen Milliarden Mal pro Sekunde. Heute Mitglied in einer rechten Studen-Namen gegeben hat, kommt aus befinden sich auf einem Mikropro- tenverbindung, die Parolen der Na-

Allerdings profitierte Zuse in seiner Erfindertätigkeit vom Nazi-Regime So wurde er vom Kriegsdienst frei-Z 3 jedoch zunächst nicht vorgese- schung" zu betreiben. Rüstungshen. "Die wichtigste Eigenschaft ei- 👚 betriebe und NS-Inst

sell einsetzbar ist. Das heißt, er ist Nach dem Krieg gründet er im kein fest verdrahtetes Gerät, das hessischen Neukirchen die Zuse KG, Konrad Zuse sondern für ganz verschiedene Auf- anlagen baute und verkaufte. Dengaben einsetzbar", sagt Peter Lig- noch stand das Unternehmen 1964 gesmeyer, Präsident der Gesell- vor dem Ruin und wurde von Sieschaft für Informatik. "Wenn ich mens übernommen. "Die USA waheute eine neue App auf mein ren im Gegensatz zu Deutschland

Z 3 wurde überwiegend aus Altma- rad Zuse den Erfinder des Compu- und mit Lochkarten gesteuert. "Die sistor, dem Basisbaustein moder-

dem Lateinischen und bedeutet im zessor rund eine Milliarde Transis- tionalsozialisten habe er aber nicht Ein Smartphone von heute: Ein Multifunktionsgerät, das telefonieren, na- Damit lag er fast richtig. Es bürgerte sich Es muss berechnet werden, wie stark sogenannten Z 1 (1937) im Berliner Wortsinn "mit dem Finger", das toren. Hätte Zuse eine Milliarde Re- ernst genommen, schreibt Zuse vigieren, fotografieren und Filme drehen kann. Es arbeitet rund drei Milliarde Re- ernst genommen, oft auch in der leicht FOTO: DPA heißt, dass in diskreten, also festen lais unterbringen wollen, hätte er später in seiner Autobiografie. Ob arden Mal schneller als der Dinosaurier-Rechner von Konrad Zuse. FOTO: AFP abgewandelten Form "Anzahl an Tran-



nen Laptop – viel leichter, viel leistungsfähiger, viel preiswerter. FOTO: AFP

"Ich bin nicht der Einzige. Ich hatte nur das Glück,

In der Fachsprache nennt man uni- Horst Zuse. Außerdem hätten die wickelten in den USA John P. Eckert Kunst im Forschungsinstitut für Dis- haben Stunden, Minuten, Sekun- versell programmierbare Computer Politiker in Deutschland das Poten- und John W. Mauchly die ENIAC und len Zeitgenossen schwer fiel, das technische Grundlage der Informa- wird. "Unsere Umgebung ist sehr "Man ist lange davon ausgegan- wohl Trägheit und Unverständnis. Universität den Mark I, die ebengen, dass die Z 3 nicht turingmäch- Das Land war im Wiederaufbau, es falls als frühe Computer gelten könlung mechanischer Rechenmaschi- lich herumlaufen, man also auch tig war, weiß aber heute, dass sie mit erschien wichtiger, dass die Schorn- nen. Der englische Mathematiker leicht fünf Computer gibt", lautete tel Meter) groß. Das entspricht der werden, um die Qubits kontrollie-Alan Turing hatte bereits 1936 das die vielzitierte Prognose des IBM-Anerkennung und öffentlicher logische Modell der Turingmaschi-

Analytical Engine wäre ein vollwer-

tiger Computer gewesen, wäre sie

denn gebaut worden", sagt Ina Prinz

vom Arithmeum. Die Pioniere der

Strom betrieben werden konnten.

Er habe nichts dagegen, als Er-

finder des Computers bezeichnet zu

werden, sagte Zuse 1990 bei einem

Glück, dass meiner zuerst lief."

Auch die anderen Ur-Computer wa-

ren monströse, lärmende Ungeheu-

er. Kein Wunder also, dass es vie-

enorme Potenzial der neuen Ma-

Vorsitzenden Thomas Watson 1943.

markt verkauft. Heute, in Zeiten von

Smartphones und -watches ten-

diert der Bedarf wohl eher bei fünf

Das Mooresche Gesetz

In einem Aufsatz sagte **Gordon Moore**, einer der Mitgründer des Chipherstellers Intel, 1965 voraus, dass sich die Anzahl der elektronischen Bauteile einer integrierten Schaltung in regelmäßigen Abständen verdoppeln werde. Zunächst ging er von einer Verdopplung jedes Jahr aus, nach 1970, vermutete Moore, werde sich das Wachstum auf eine Verdopplung alle zwei Jahre ver-

Vandel, der heute digitale Revoluion heißt, war die Miniaturisierung, also der Fakt, dass auf immer kleiner werdenden Chips immer den Computerchips stetig kleiner, ne Infokasten), und sorgten so danur weniger Jahrzehnte den Weg aus den Rechenzentren in die Fabriknallen, Büros und privaten Arbeitsund ans Handgelenk fand – und so bestimmten Rahmenbedingungen, unser Alltagsleben revolutionierte. Dass die Maschinen bald uns Meschen beherrschen, glaubt Ina Prinz

Dass die Nachfolgemodelle seiner Z 3 Außergewöhnliches leisten werden, hat Zuse früh vorhergese nen. In seinem "Plankalkül", einem 1945/46 entwickelten Entwurf einer Programmiersprache, fanden auch Schachprogramme Platz. In 50 Jahren würden Maschinen den er schon damals gesagt, heißt es. Tatsächlich sollte 1996, also genau 1940er Jahre verfügten zudem über 50 Jahre später, der IBM-Computer elektronische Bauteile, die nicht "Deep Blue" den damals amtierenmehr mechanisch, sondern mit den Schachweltmeister Garri Kas-

ner Computer, und der Entwick-

ung integrierter Schaltkreise Ende

Voraussetzung für den rasanten

"Immer kleiner" ist bald vorbei: Transistoren im Virenformat

Besuch von Schülern in seinem Mit den modernen PCs konnte Kon-Wohnort Hünfeld. "Solange Sie sich rad Zuse aber offenbar wenig angenen Maschinen viel schöner sind,

das war wohl Nostalgie." tionsrevolution zu ihrem Flaschen-"Größe" winziger Viren. Endgültig ren zu können." Schluss ist auf der Ebene der Atome, wahrscheinlich wegen störenputer stetig. Waren 1993 lediglich weiten Speicherkapazität digital,

sistoren pro Flächeneinheit alle 18 Monate" die Bezeichnung "Mooresches

> Selbstverständlich handelt es sich dabei nicht um ein Naturgesetz, sondern lediglich um eine Faustregel, die sich in der Realität bewahrheitet hat – und zugleich wohl um eine sich **selbsterfül**lende Prophezeiung, denn das Mooresche Gesetz ist Chipherstellern zum Ansporn geworden. Milliarden werden in die Forschung investiert, um es am Leben zu halten. Heute stößt die Technik

Gesetz" (englisch: Moore's law) ein.

waren es 2007 bereits 94 Prozent. Mit den rapide wachsenden Datenmengen steigt im Privaten wie in der Industrie auch der Bedarf an Rechenleistung. "Ich glaube, dass in Zukunft unter dem Stichwort Industrie 4.0 vorher getrennte Tätigkeitsfelder wie Produktionstechnik, Da-Produkte, die ieder Kunde auf sich müssten sich künftig selbst verän-

"Ich denke, dass es einen Weltmarkt für vielleicht fünf Computer gibt

schlägt oder sagt: »Ich habe keine Lust mehr«, das wird so schnell nicht passieren." Und das gehöre schließmaschine entwarf, die, wenn ein-

mal angeworfen, Rechnungen oh-

ne menschliches Eingreifen durch-

führen konnte, habe der italieni-

sche Mathematiker Giovanni Pole ni Anfang des 18. Jahrhunderts im Clinch mit der Kirche gelegen "Schon damals haben die Leute ge sagt: Wenn es eine Maschine gibt die rechnen kann, dann ist der Ho munkulus, also ein künstlich ge schaffener Mensch, gar nicht mehr weit." Auch komplexe Systeme wie der IBM-Computer Watson seien von der Hardware abhängig und davon, was Menschen programmiert haben. Prinz: "Dass ein Compute selbsttätig kreative Lösungen vor

➤ Ein Online-Storytelling mit Video zur Vorgeschichte der Computer gibt

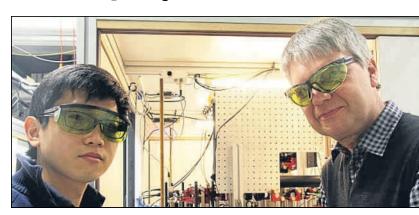
Der nächste große Schritt?

Weltweit wird am Quantencomputer geforscht – auch in Bonn

BONN. Wer einmal zwischen 2 Uhr nachts und 5 Uhr morgens durch die womöglich in den Laboren des Instituts für Angewandte Physik Licht brennen sehen. "Die besten Bedingungen haben wir nämlich, wenn nachts die Straßenbahn abgeschalim Klaren sind, dass ich nicht der fangen: Ein Geschenk von Siemens tet wird", sagt Professor Dieter Me-Einzige bin; da gibt es natürlich ne- zum 70. Geburtstag habe er nie an- schede. In der Arbeitsgruppe des ben mir noch mehr, ich hatte nur das gerührt, so sein Sohn Horst Zuse. Physikers an der Bonner Universität "Ich denke, er fand, dass seine ei- werden Quantenobjekte erforscht. Sie zu kontrollieren ist Voraussetzung dafür, dass die Vision eines Inzwischen droht allerdings die Quantencomputers Wirklichkeit verrauscht mit elektromagnetischinen zu erkennen. "Ich denke, hals zu werden. Transistoren sind schem Schmutz, Bewegung, Akus- bestenfalls eine Handvoll Qubits nen grundsätzlichen Grund, warum dass es einen Weltmarkt für viel- nur noch 22 Nanometer (Milliards- tik – und all das müssen wir los- kontrollieren können", sagt Me- wir ihn nicht haben könnten", sagt

> Mit dem drohenden Ende des Mooreschen Gesetzes (siehe Infoder Quanteneffekte schon bei drei kasten) werden große Hoffnungen in Nanometern. Ob beispielsweise der neue Computerkonzepte gesetzt. Quantencomputer Abhilfe schaffen Eines davon ist der Quantencomzustände ("quantenmechanische on habe noch einen anderen Vor- banken zu durchsuchen. Überlagerungszustände") anneh- teil: "Sie ist absolut sicher. Wenn jemen. Bei der Messung allerdings mand Signale überträgt, kann er heimischen Schreibtisch: Das werwird daraus wieder ein ganz kon- feststellen, ob ihn jemand abhört." de in absehbarer Zeit nicht eintre-

kreter Zustand, ein klassisches Bit. suchen die Bonner Physiker, Atome kommen werden, wollen die beiden steht", so Köhl. Konrad Zuse hätte in einer Glaszelle, abgeschirmt ge- Experten nicht wagen. "Ich halte es sich jedoch, als er vor 75 Jahren die gen Störungen von außen, mit La- für eher wahrscheinlich, dass wir Z 3 erfand, das Ausmaß der nachsern zu kontrollieren. "Wir sind im- ihn in 100 Jahren haben, als dass wir folgenden Entwicklung wohl auch mer noch in einem Zustand, wo wir ihn nicht haben. Es gibt bislang keinicht erträumt.



Im Quantensimulator versuchen Dieter Meschede (r.) und sein Mitarbeiter Geol Moon Atome mit Laserstrahlen zu kontrollieren.

nötigt, um klassische Computer

hinter sich zu lassen.

schede. 30 bis 50 Qubits würden be- Meschede. Eine Fortschreibung der heutigen Digitalrechner sei der allerdings nicht. "Er ist konzeptionell Eine weitere Herausforderung ist, etwas ganz anderes, er rechnet eindie verschiedenen Teile eines Quan- fach anders. Dadurch kann er betencomputers miteinander spre- stimmte Probleme viel, viel effizichen zu lassen. Eine Etage über dem enter lösen", sagt Köhl. Beispielskann, ist fraglich (siehe: "Der puter. Weltweit forschen Teams da- Büro von Meschede sitzt Professor weise aus dem Produkt zweier rienächste große Schritt?"). Gleichzei- ran, wie er sich umsetzen lässt. Im Michael Köhl. Der renommierte Ex- siger Primzahlen auf die beiden tig wachsen die Ansprüche an Com- Gegensatz zu klassischen Rech- perte auf dem Gebiet der Quanten- Primzahlen zurückzuschließen, einern, die mit Bits arbeiten, also optik ist vor drei Jahren aus Cam- ne Aufgabe, an der sich klassische Schaltern, die entweder ein- oder bridge nach Bonn gekommen. Sei- Rechner die Zähne ausbeißen. Daausgeschaltet sind, arbeitet der ne Arbeitsgruppe erforscht unter mit könnten gängige, bislang siche-Quantencomputer mit Qubits. Ein anderem, wie in der Quantenkom- re Verschlüsselungsverfahren einsolches "Quantenbit" wird mit ei- munikation Informationen über fach geknackt werden. Kein Wunnem Teilchen realisiert - das kann große Distanzen übertragen wer- der also, dass Geheimdienste beein Atom, ein Elektron oder Photon den können. "Dazu muss man tat- sonderes Interesse am Quantensei – und kann neben den klassi- sächlich einzelne Photonen, also computer haben. Internetkonzerne schen Informationszuständen Null Lichtteilchen, von A nach B über- wie Google hoffen außerdem auf und Eins auch beliebige Zwischen- tragen." Die Quantenkommunikati- effizientere Verfahren, um Daten-

Prognosen, wann die ersten ten. "Es wird eher ein Spezialcom-In einem Quantensimulator ver- Quantencomputer zum Einsatz puter sein, der in Rechenzentren