

# TechnoScope

by satw

# Super-Computer

Schnell, schneller, am schnellsten

[www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)

# Spitze

# im

# Schnell-

# rechnen

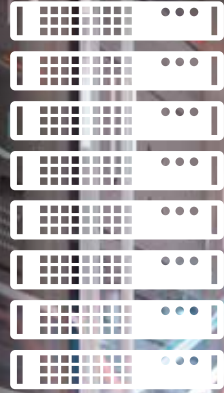


Mit Supercomputern ist es ein bisschen wie mit Superhelden: Gewöhnliche Computer können sich mit ihnen ebenso wenig messen wie gewöhnliche Menschen mit Superman & Co.

Die Rechenleistung von Supercomputern ist fast unvorstellbar: «Frontier», der zurzeit schnellste Hochleistungsrechner, schafft pro Sekunde 1,1 Trillionen Rechenoperationen. Eine Trillion ist eine 1 mit 18 Nullen.

# Mehr als die Summe seiner Teile

Vereinfacht ausgedrückt besteht ein Supercomputer aus mehreren Computern, die zu einem einzigen System zusammengeschlossen sind. Im Gegensatz zu einem klassischen Computer mit nur einem Hauptprozessor (auch zentrale Verarbeitungseinheit oder CPU genannt) hat ein Supercomputer Zehntausende CPUs. Sie bilden Rechenknoten, die gemeinsam an der Lösung eines Problems arbeiten. Die Entwicklung eines solchen auf Hochleistung getrimmten Supercomputer-Systems ist aufwendig, teuer und dauert mehrere Jahre. Auch seine Programmierung unterscheidet sich von der eines «gewöhnlichen» Computers und erfordert spezielle Programmierfähigkeiten.



## Getrennte Wege

Der Begriff Supercomputer kam in den 1960er-Jahren auf. Damals war insbesondere die US-Regierung daran interessiert, für die Militärforschung Computer zu entwickeln, die leistungsfähiger waren als alle übrigen auf dem Markt. Auch sogenannte Grossrechner, deren Stärke die zuverlässige Verarbeitung sehr grosser Datenmengen ist (darum schwören zum Beispiel Banken auf sie), können sich in Sachen Rechenleistung nicht mit ihnen messen.

# So ein FLOP!

Wie schnell ein Supercomputer ist, wird in FLOPS (Floating Point Operations Per Second oder Gleitkommaoperationen pro Sekunde) gemessen. Sie geben an, wie viele Berechnungen er pro Sekunde durchführen kann. Und Supercomputer werden immer schneller:

Cray-1, der erste im US-Forschungszentrum Los Alamos installierte Supercomputer, kam 1976 auf 160 Megaflops (160 Millionen Rechenoperationen). Dreissig Jahre später wurde bereits die Teraflop\*-Grenze geknackt – ein Teraflop ist eine Billion Rechenoperationen pro Sekunde. 2008 wurde ein Petaflop erreicht (eine Billiarde Rechenoperationen pro Sekunde), letztes Jahr hat «Frontier», ein Supercomputer in den USA, die Welt in die Exaflop-Ära katapultiert. Der Wettlauf um noch mehr Rechenpower geht weiter: Denn wer die schnellsten Supercomputer besitzt, hat bei Forschung und Innovation die Nase vorn. Zurzeit sind das die USA, China und Japan.



## Verfalldatum

Superrechner haben eine durchschnittliche Lebensdauer von etwa vier Jahren. Eine Zeitlang können sie noch aufgerüstet werden. Doch irgendwann halten sie mit der Rechenpower der neuen Supercomputergenerationen nicht mehr Schritt und werden in den Ruhestand geschickt. So wie der Cray X-MP/28 an der ETH-Zürich: In den 1980er-Jahren ein Technikwunder, heute eine Sitzbank für Studierende in einem Gang der Hochschule. Brauchen kann man ihn nicht mehr: Jedes Smartphone erbringt heute über hundertmal mehr Leistung.





Quantencomputer: Die Zukunft der Rechenleistung und Sicherheit.

# Ein Quäntchen Zukunft

Es gibt Probleme, die auch die schnellsten Supercomputer überfordern. Doch die nächste technologische Revolution steht schon vor der Tür: Der Quantencomputer. Er soll sich die speziellen Gesetze der subatomaren Welt, der Welt der kleinsten Teilchen, zunutze machen. In unserem Alltag machen diese Gesetze keinen Sinn. Für uns ist ein Gegenstand entweder da oder nicht da. In der Quantenwelt hingegen können Teilchen gleichzeitig hier und an vielen anderen Orten sein oder zur selben Zeit gegensätzliche Eigenschaften annehmen. Wie das gehen soll, übersteigt unsere Vorstellungskraft.

Für «normale Computer» ist die Welt binär, das heisst, sie besteht einzig aus Nullen und Einsen. Sie übersetzen alle Informationen in Bits. Ein Bit kann nur zwei Zustände haben: 1 (Strom fliesst) und 0 (Strom fliesst nicht). Quantencomputer hingegen arbeiten mit Qbits (Quanten-Bits), die wie Mikropartikel gleichzeitig im Zustand 1 und 0 sein können. Und dazu auch in unendlich vielen Zuständen dazwischen. Deshalb kann der Quantencomputer (theoretisch) gleichzeitig eine Riesenzahl von Rechenschritten ausführen, die ein Supercomputer einen nach dem anderen abarbeiten müsste. Was das bedeutet, erklärt der Physiker Rolf Allenspach vom IBM-Forschungsinstitut in Rüschlikon:

## Technoscope: Gibt es überhaupt schon Quantencomputer?

**Rolf Allenspach:** Bisher gibt es Quantencomputer ansatzweise erst in Forschungslabors und sie sind noch sehr fehleranfällig. Doch sobald eine gut funktionierende Quantenmaschine tatsächlich existiert, wären die meisten der heute verwendeten Verschlüsselungsverfahren nicht mehr sicher. Deshalb interessieren sich die Forschung oder auch das Militär so ungemein für sie. Allerdings wurden bei uns im IBM-Forschungslabor inzwischen auch bereits Verschlüsselungsalgorithmen entwickelt und standardisiert, die der Quantencomputer nicht knacken könnte.

**«Der Quantencomputer hingegen kann alle Möglichkeiten parallel durchspielen und findet so in Sekundenschnelle wofür klassische Computer Tausende von Jahren brauchen.»**

## Warum könnten Quantencomputer jede Verschlüsselung knacken?

Verschlüsselungstechnologien beruhen auf der Zerlegung von grossen Zahlen in Primzahlen. Das ist sehr aufwendig: Ein klassischer Computer, selbst ein Supercomputer, braucht sehr lange, bis er alle Varianten durchgerechnet hat. Der Quantencomputer hingegen kann alle Möglichkeiten parallel durchspielen und findet so in Sekundenschnelle etwas, wofür klassische Computer Tausende von Jahren brauchen. Eigentlich ist er zwar nicht schneller, aber er packt das Problem völlig anders an.

## Was könnte der Quantencomputer noch?

Weil er nach den Gesetzen der Quantenwelt funktioniert, wird er die Eigenschaften von Systemen, die ebenfalls aus dem Nanokosmos stammen, viel exakter durchrechnen können. Zum Beispiel komplexe Molekülstrukturen oder komplizierte chemische Reaktionen. Das könnte die Entdeckung neuer Medikamente und Materialien beschleunigen oder die Entwicklung neuer Werkstoffe. Und schliesslich ist er bei Optimierungsaufgaben mit vielen Variablen besser, also wenn es darum geht, unter sehr vielen Möglichkeiten die beste zu finden.

## Ist der Quantencomputer also der nächste Supercomputer?

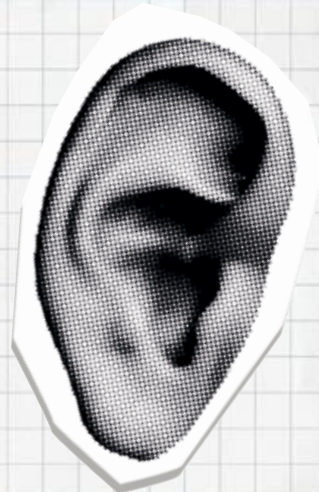
Nein, der Quantencomputer ist kein Supercomputer und wird diesen auch nicht ersetzen. Quanten- und Supercomputer werden einander ergänzen. Und im Tandem am stärksten sein.

## Machen die Superrechenhirne uns Menschen bald überflüssig?

Kilo ( $10^3$ ), Mega ( $10^6$ ) und sogar Giga ( $10^9$ ) sind uns als Masseinheiten noch einigermaßen vertraut. Tera ( $10^{12}$ ), Peta ( $10^{15}$ ), Exa ( $10^{18}$ ), Zetta ( $10^{21}$ ) und Yotta ( $10^{24}$ ) hingegen sind so riesige Zahlen, dass es schwierig ist, sich darunter überhaupt noch etwas vorzustellen. Der neue Exaflop-Rekord ist also sicher beeindruckend – schliesslich bewegen sich Alltagsrechner meist höchstens im Gigaflop-Bereich, sind also gut eine Milliarde Mal weniger leistungsfähig. Wieviel ein Exaflop ist, lässt sich mit einem weiteren Vergleich erklären, der schwindlig macht: Das Alter des Universums wird auf etwa  $10^{18}$  Sekunden geschätzt. Hätte jemand seit dem Urknall jede Sekunde eine Rechnung ausgeführt, dann wäre das eine Arbeit, die ein Exascale-Rechner in einer einzigen Sekunde erledigen könnte.

Doch Schnellsein ist nicht alles. Es gibt einen äusserst energieeffizienten Computer, dessen Leistung bisher von keiner Maschine erreicht wird, so blitzgeschwind sie auch zu rechnen vermag: unser Hirn. Darin sind rund 1000 Milliarden Nervenzellen auf kleins-

tem Raum zu einem Netzwerk verbunden, das viele für eines der komplexesten Gebilde des Universums halten. Wie diese Zellen Informationen verarbeiten und austauschen, wie sie lernen, sich erinnern oder zusammenschliessen und spezialisieren, wie sie über **Auge, Hand und Ohr** die Umwelt wahrnehmen, das versteht die Forschung noch nicht wirklich. Aber sie arbeitet daran. Das menschliche Hirn im Computer komplett nachzubauen ist bisher zwar noch nicht gelungen, dafür ahmen immer mehr Anwendungen der Künstlichen Intelligenz das menschliche Lernen nach und werden dadurch fähig, gewisse Probleme eigenständig zu bearbeiten.



## Die Glaskugel der Wissenschaft

Supercomputer können also mit Unmengen von Daten sehr schnell rechnen. Diese Mammutrechenleistung kann dabei helfen, die grössten wissenschaftlichen Herausforderungen der Welt zu lösen. Dort, wo die Theorie an ihre Grenzen stösst oder Experimente nicht möglich sind, berechnen sie aus unzähligen Daten mögliche Verläufe und Varianten. Was wäre, wenn? Wie wirkt sich diese oder jene Variante aus? Wie wahrscheinlich ist, dass ein bestimmter Prozess so oder anders verläuft? Unter welchen Umständen ist welches Resultat zu erwarten?

## Entdecke die Vielfalt technischer Berufe und gewinne Selbstvertrauen in deinen Entscheidungen!

swiss **TecLadies**



Swiss TecLadies ist das nationale Förderprogramm der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften. Es besteht aus einem **Mentoring-Programm für Mädchen ab der dritten Oberstufe bis zur Abschlussklasse**, ab 2024 neu auch aus einem **Ferien-Camp für Mädchen ab der 1. bis zur 3. Oberstufe** und dem **Swiss TecLadies Network**, seiner Alumnae-Organisation.

Mehr Infos und Anmeldemöglichkeiten unter [tecladies.ch](https://tecladies.ch)

# Mithilfe von Supercomputersimulationen können Forschende zum Beispiel:

## Die Folgen des Klimawandels durchspielen



In der Wetter- und Klimaforschung simulieren Supercomputer, was in der Atmosphäre passiert. Sie helfen dabei, Wetterlagen präziser vorherzusehen, sowie Klimamuster und die Folgen der Klimaerwärmung besser zu verstehen.

## Krankheiten bekämpfen und neue Medikamente entwickeln



Im Kampf gegen das Coronavirus berechneten Supercomputer Ausbreitungsszenarien. Sie erstellten präzise Modelle des Virus, überprüften die Wirksamkeit bereits vorhandener Medikamente und kamen bei der Entwicklung der Corona-Impfstoffe zum Einsatz.

## Von der Erde aus das Universum erforschen

Eine Supernova kann man im Labor nicht nachbauen. Aber mithilfe von Computersimulationen kann die Forschung den Ursprung des Universums vielleicht enträtseln.

## Nachhaltigere Materialien entwickeln



Mit dem Supercomputer lassen sich die Eigenschaften neuer Materialien testen, noch bevor sie in der Realität wirklich existieren.

# Kleine Schweiz ganz gross

Auch die Schweiz besitzt hochmoderne Supercomputer. Sie befinden sich im 1991 eröffneten Centro Svizzero di Calcolo Scientifico (CSCS) im Tessin. Das nationale Hochleistungs-Rechenzentrum in Lugano-Cornaredo wird von der ETH Zürich betrieben und steht allen Schweizer Hochschulen und Forschungszentren zur Verfügung. Der bisherige Superstar des CSCS ist «Piz Daint», ein Rechner der Petaflops-Leistungsklasse und lange Zeit der einzige Rechner Europas unter den weltweiten Top-Ten. Nun ist er am Ende und wird dieses Jahr durch «Alps» ersetzt, ein System mit bis zu 10-mal mehr Rechenpower. Doch der neue Hochleistungsrechner ist nicht nur sehr schnell, sondern gleichzeitig auch das Herz einer ganz neuen, innovativen Forschungsinfrastruktur, wie CSCS-Vizedirektorin Maria Grazia Giuffreda ausführt.



## Technoscope: Was bringt der Übergang zu «Alps»?

Maria Grazia Giuffreda: Bisher haben wir im CSCS verschiedene Rechnersysteme für unterschiedliche Bedürfnisse betrieben. MeteoSchweiz zum Beispiel stand für seine Wetterprognosen ein eigener Rechner zur Verfügung. Die neue Infrastruktur ist viel flexibler und in der Lage, verschiedenen Nutzern gleichzeitig genau die Dienste zur Verfügung zu stellen, die sie benötigen. Ausserdem ist sie auf Machine Learning spezialisiert.

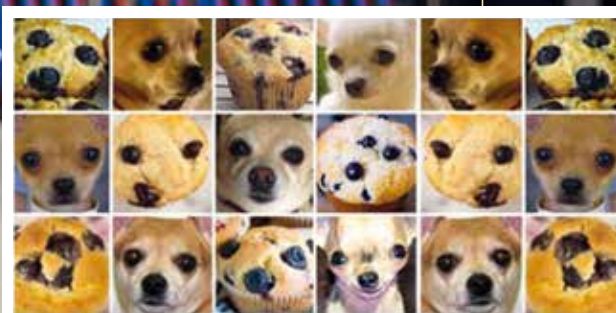
## «Die Klimaforschung in der Schweiz ist extrem stark, auch auf internationaler Ebene.»

### Was bedeutet das?

Beim Machine Learning – oft auch Künstliche Intelligenz genannt – wird der Computer mit einem grossen Set von Daten darauf trainiert, gewisse Muster und Zusammenhänge zu erkennen, also zum Beispiel was den Unterschied zwischen einem **Hündchen mit schwarzen Kugelaugen** und einem **Heidelbeer-Muffin** ausmacht. Diese Regeln kann er später selbständig auf völlig neue Daten anwenden und sich dabei weiter verbessern: Er hat gelernt, einen Hund zu identifizieren.

### Wofür wird Maschinelles Lernen eingesetzt?

Wir haben bei der Entwicklung von «Alps» ganz besonders ans Klima gedacht. Die Klimaforschung in der Schweiz ist extrem stark, auch auf internationaler Ebene. Aber um die Folgen des Klimawandels wirklich zu verstehen, um das Wissen zu generieren, das die Welt zur Bewältigung der Klimakrise dringend braucht, muss sie viel präzisere Simulationen erstellen können. Das setzt einerseits eine immer grössere Rechenleistung voraus. Und andererseits eben auch eine Infrastruktur, die riesige Datenmengen verarbeiten und analysieren kann. Pro Simulation sprechen wir da von Datenmengen im Petabyte-Bereich pro Tag.





Barbara Guggenbühl  
Studien- und Laufbahnberatung,  
BSLB St. Gallen

# berufsberatung.ch



Liebe Frau Guggenbühl

Ich stehe anderthalb Jahre vor der Matura und habe im BIZ zu Studienmöglichkeiten in der Informatik recherchiert. Dabei habe ich erfahren, dass neben der Informatik noch andere Studienrichtungen in die Berufswelt der Computer, Superrechner und Informationstechnologie führen. Haben Sie mir Tipps, wie ich in der Studienwahl vorgehen könnte? Naim

Lieber Naim

Das hast du genau richtig erkannt: Zur Informatik gibt es verwandte Studienfächer wie Elektrotechnik & Informationstechnologie oder Rechnergestützte Wissenschaften & Physik. Informatik (die Wissenschaft des formal Realisierbaren, d. h. was maschinell verarbeitet werden kann) scheint keiner Wissenschaft so nahe zu stehen wie der Mathematik (Wissenschaft des formal Denkbaren). Fachleute für Elektrotechnik befassen sich unter anderem mit der Herstellung von Computern. Physiker arbeiten in interdisziplinären Teams der Computersimulation und Modellrechnung.

Was dich in der Studienwahl unterstützen könnte? Lerne deine Auswahl von

Studien- und Berufswelten besser kennen: Besuche Informationsveranstaltungen, komme mit Studierenden ins Gespräch und befrage Berufsleute zu ihren Erfahrungen. Besuche Vorlesungen in den Fächern, die für dich in Frage kommen (1. oder 2. Semester!). Sei ein Student for a day mit dem Buddy-Programm der Uni Zürich. Wäge ab zwischen den einzelnen Hochschulen – Uni oder ETH oder FH? Besuche den MINT-Tag der Uni Bern. Vereinbare einen Beratungstermin mit der Studienberatung. Sie stellt dir dann viele Fragen wie: «Gibt es Menschen, die dich inspirieren?» oder «Wofür möchtest du einen Nobelpreis gewinnen?» – so kommst du deinen Zukunftsvisionen auf die Spur ...

## Der schnellste Computer der Welt in Zahlen

Um die gleiche Zahl von Operationen auszuführen, müsste Jeder Mensch auf der Erde während **vier** Jahren pro Sekunde eine Rechnung lösen.

Frontier, der neue Weltrekordhalter im Oak Ridge National Laboratory in den USA führt pro Sekunde **1'000'000'000'000'000'000** Rechnungsoperationen aus.

Frontier ist schneller als die sieben nächstschleunigen Supercomputer auf der Top-**500**-Liste zusammen.

Frontier füllt **74** Schränke, von denen jeder so viel wiegt wie ein Pickup-Truck.

Verbunden werden sie über **145** Kilometer Netzwerkkabel. Das entspricht in etwa der Distanz zwischen Winterthur und Bern.

Um Frontiers heisslaufende Chips zu kühlen, pumpen **350** Pumpen pro Minute über **22'000** Liter Wasser durch das Kühlsystem.

### Impressum

SATW Technoscope 01/24 | [www.satw.ch/technoscope](http://www.satw.ch/technoscope)  
Konzept und Redaktion: Ester Elices | Redaktionelle Mitarbeit: Christine D'Anna-Huber |  
Grafik: Andy Braun | Bilder: Adobe Stock, iStock (piranka) | Titelbild: Adobe Stock | Übersetzung und  
Lektorat: weiss traductions | Druck: Egger AG

### Gratisabonnemement und Nachbestellungen

SATW | St. Annagasse 18 | CH-8001 Zürich | [technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch) | Tel +41 44 226 50 11  
Das nächste Technoscope erscheint im April zum Thema «Technologien, die der Menschheit helfen».



### Infos & Links

Informationstage und -veranstaltungen an Hochschulen | [sg.ch](http://sg.ch); Studium: MINT-Tag (5. März 2024) – Universität Bern ([unibe.ch](http://unibe.ch)): u. a. Mathe, Physik, Informatik; Merkblatt\_Schnupperangebote.pdf ([ethz.ch](http://ethz.ch)); UZHYM Buddy-Programm ([vsuzh.ch](http://vsuzh.ch))

**satw** technology  
for society

Gerne können Sie einzelne Exemplare oder einen Klassensatz für Ihre Schulklasse gratis bestellen. Schreiben Sie uns auf [technoscope@satw.ch](mailto:technoscope@satw.ch). Alle Ausgaben des Technoscope finden Sie unter [satw.ch/technoscope](http://satw.ch/technoscope).