

TU Graz kommt Schlüsselrolle im Human Brain Project (EU Flaggschiff-Projekt) zu Graz University of Technology Given Key Role in the Human Brain Project (EU Flagship Project)

Wolfgang Maass



Wolfgang Maass ist Leiter des Instituts für Grundlagen der Informationsverarbeitung. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen Computational Neuroscience, Machine Learning sowie Computational Complexity Theory.

Wolfgang Maass is head of the Institute for Theoretical Computer Science. His main research area comprises computational neuroscience, machine learning and computational complexity theory.

Neue Dimension internationaler Forschung: Das „Human Brain Project“ hat am 28. Jänner 2013 den Zuschlag für eines von zwei aus 30 Projektanträgen ausgewählten „Flagship Projects“ des „Future and Emerging Technologies (FET) Programme“ der EU bekommen. Diese Flaggschiff-Projekte sollen mit einer Laufzeit von zehn Jahren und einem Budget von jeweils circa einer Milliarde Euro die Forschungslandschaft in Europa nachhaltig verändern.

Das Human Brain Project hat das Ziel, in diesen zehn Jahren mittels massiven Einsatzes von Computer-Simulationen einen qualitativen Sprung im Verständnis der Funktionsweise des Gehirns zu erreichen. Dazu werden experimentelle Ergebnisse aus einer Vielzahl von wissenschaftlichen Disziplinen, von der Molekularbiologie bis zur Kognitionsforschung, in umfassende Computer-Modellen integriert und analysiert. Insbesondere wird in diesem Projekt die Informatik in einer bisher nicht dagewesenen Weise in die Hirnforschung mit einbezogen, sowohl die angewandte Informatik beim Software Design für Simulationen, Einsatz von Supercomputern und bei der Entwicklung von „neuromorphic“ Hardware und Robotik als auch die theoretische Informatik bei der Aufklärung von Prinzipien der Organisation von Neural Computation und Lernen im Gehirn. Das Institut für Grundlagen der Informationsverarbeitung der TU Graz ist der einzige Partner aus Österreich, der schon in der 30 Monate dauernden Anfangsphase des Human Brain Project bei der wissenschaftlichen Arbeit dabei ist. Das Projekt wird voraussichtlich am 1. Oktober 2013 seine Arbeit aufnehmen.

Das menschliche Gehirn zu verstehen, ist eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Vom Versuch, ein besseres Verständnis von Gehirnerkrankungen zu erzielen, bis hin zur Beantwortung fundamentaler wissenschaftlicher Fragen wie „Wie

A new dimension of international research. On January 28 of this year the Human Brain Project became one of the two (out of 30) proposals that were selected as EU flagship projects of the Future and Emerging Technologies (FET) Programme. These flagship projects, each with a budget of about one billion euros and a duration of 10 years, are expected to leave a lasting impact on the European research landscape.

Using massive computer simulations, the goal of the Human Brain Project is to achieve a qualitative leap in our understanding of the functioning of the human brain within 10 years. The project will integrate experimental data from a multitude of scientific disciplines, including molecular biology, neuroscience and cognitive science, into large-scale computer models. In particular, this flagship project will integrate computer science into brain research. It will engage applied computer science for the design of software systems for simulations, the massive use of next-generation supercomputers, and the development of neuromorphic computing devices and robots. It will engage theoretical computer science in identifying the principles behind the organization of computation and learning in the brain. The Institute for Theoretical Computer Science at Graz University of Technology will be the only partner of the Human Brain Project in Austria which will begin its research for the project during the project's 30-month-long initial phase. The project is expected to start on October 1, 2013.

Understanding the human brain is one of the great challenges of the 21st century. From new therapies for brain diseases to finding answers to the fundamental questions how information is encoded and processed in the brain, and what exactly changes in the brain when we learn – the range of relevant aspects is very large. Numerous



© EPFL, Schweiz

wird Information im Gehirn gespeichert und verarbeitet?“ und „Was genau ändert sich im Gehirn, wenn wir lernen?“ ist das Spektrum relevanter Aspekte breit. Zahlreiche Antworten und Modelle, die in den letzten Jahrzehnten zur Beantwortung dieser Fragen bereitgestellt wurden, haben sich angesichts neuer experimenteller Ergebnisse als etwas zu voreilig erwiesen, sodass wir eigentlich noch ziemlich am Anfang stehen. Gleichzeitig drängt die Computer-Industrie auf die Entwicklung neuer Methoden zur effizienten Informationsverarbeitung in zu entwickelnden Rechnern mit sehr vielen, aber auch recht störungsanfälligen Elementen im Nano-Bereich. Dies erscheint notwendig angesichts des in weniger als zehn Jahren zu erwartenden Endes vom „Moore’schen Gesetz“, wenn die fortschreitende Miniaturisierung von elektronischen Bausteinen den Größenbereich von Molekülen erreicht hat. Effizientes und zuverlässiges Rechnen mit stör anfälligen Komponenten im Nano-Bereich ist eine Kunst, die das Gehirn schon beherrscht. Im Human Brain Project möchten wir lernen, wie es das schafft.

Principles of Brain Computation

Unser Institut ist eines von sehr wenigen Informatik-Instituten auf der Welt, die bereits ausgiebige Erfahrung darin haben, Erkenntnisse, Begriffe und Methoden der Informatik auf Fragestellungen der Hirnforschung anzuwenden und für diese Anwendung zuzuschneiden und weiterzuentwickeln. Deshalb ist dem Leiter dieses Instituts (und Verfasser dieses

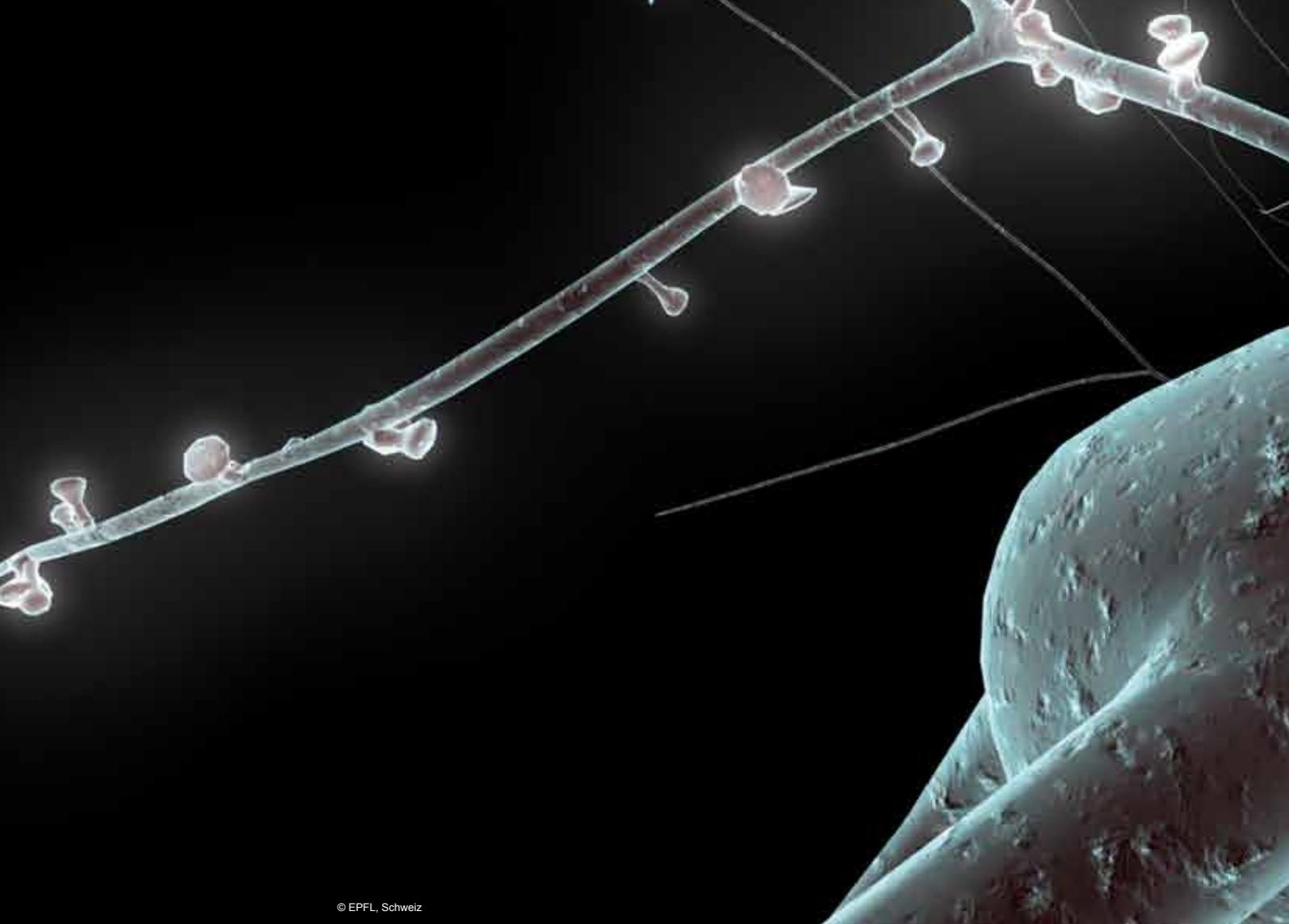
tentative answers and models that have been developed during the last few decades turned out to be somewhat premature in the light of new experimental data. At the same time, the computer industry is looking for methods that enable efficient information processing with very large numbers of unreliable computational units on the nano-scale. In fact, a solution to this problem is becoming urgent since the validity of “Moore’s Law” is expected to end in less than 10 years because the scale of transistors and wires is approaching the molecular scale. The brain demonstrates that it is possible to process information in a reliable manner with noisy components on the nano-scale. In the Human Brain Project we want to understand how it achieves that.

Principles of brain computation

Our institute is one of very few computer science institutes in the world that has experience in the application and adaptation of results, methods, and concepts of computer science to brain research. It is for this reason that the head of this institute (and author of this article) has been engaged to lead the work package “Principles of Brain Computation” in the Human Brain Project. The goal of this work package is to apply theoretical tools and computer simulations in order to discover the fundamental principles of information processing in smaller and larger networks of neurons in the human brain, based on huge

Abb. 1: Der Bauplan der weitgehend ähnlichen lokalen Schaltkreise von Neuronen in den verschiedenen Arealen der Gehirnrinde ist auf der statistischen Ebene (Verbindungswahrscheinlichkeiten) schon teilweise entschlüsselt. Er ist aber noch nicht verstanden worden. Gleichzeitig zeigen neuere experimentelle Untersuchungen (insbesondere über „spine motility“), dass sich diese Schaltkreise auch im erwachsenen Gehirn schon im Laufe einiger Stunden ändern: Ein großer Prozentsatz von synaptischen Verbindungen kommt und geht. Das Human Brain Project untersucht, wie zielgerichtete Informationsverarbeitung trotzdem möglich ist.

Fig. 1: The wiring plan of the rather stereotypical microcircuits of neurons in the brain is largely known, at least on the statistical level (connection probabilities), but little understood. New experimental data show that this wiring plan is actually a moving target: it changes itself (especially through spine motility) in a significant manner on a time-scale of hours, even in the adult brain. The Human Brain Project will investigate how reliable information processing is possible in spite of these ongoing changes.



© EPFL, Schweiz

Abb. 2: Neurone und Synapsen (dargestellt als leuchtende Punkte) sind die immer noch ungenügend verstandenen Bausteine der Informationsverarbeitung im Gehirn. Im Human Brain Project wird versucht werden, das Verständnis einer Vielzahl verschiedener Typen von Neuronen und Synapsen im Gehirn mittels Computer-Simulationen ihrer molekularen Bestandteile auf eine neue Basis zu stellen.

Fig. 2: Neurons and synapses (indicated by bright spots) are the information processing elements of the brain which are still incompletely understood. The Human Brain Project aims at building a new platform for understanding the structure and function of different types of neurons and synaptic connections on the basis of their molecular components through large-scale computer simulations.

Beitrags) die Aufgabe zugefallen, in diesem Flaggschiff-Projekt das Arbeitspaket „Principles of Brain Computation“ zu leiten. In diesem Arbeitspaket werden theoretische Methoden und Computer-Simulationen eingesetzt, um aus einer Unzahl von experimentellen Ergebnissen der Hirnforschung, Molekularbiologie und Kognitionsforschung die Grundgesetze der Informationsverarbeitung in kleinen und großen Netzwerken von Neuronen – bis hin zum menschlichen Gehirn – zu entschlüsseln. Diese Aufgabe ist offensichtlich recht wichtig für das Human Brain Project, denn nur wenn sie erfolgreich gelöst wird, können die ebenfalls in diesem Projekt entwickelten „brain-like neuromorphic computing systems“ eine „brain-like intelligence“ erhalten.

Diese „neuromorphic“ Rechner werden insbesondere die Möglichkeit ausloten, sehr viel energieeffizienter als herkömmliche Rechner zu arbeiten. Das Gehirn beweist, dass dies im Prinzip möglich ist. Während der Stromverbrauch eines großen Supercomputers dem Stromverbrauch eines ganzen Stadtteils nahekommt, begnügt sich das Gehirn – bei einer etwa gleich großen Anzahl von Rechenbausteinen – mit einer Energie von 50 Watt.

numbers of experimental data from neuroscience, molecular biology, and cognitive science. This task is obviously important for the Human Brain Project because the large-scale neuromorphic computing systems developed in this project can only acquire a brain-like intelligence if this task is successfully solved.

These novel neuromorphic computing systems will explore in particular new ways of energy-efficient computing. The brain demonstrates that energy-efficient computation is possible. Whereas a large supercomputer consumes almost as much energy as a whole town, the brain – which has a comparable number of processing elements – consumes less than 50 Watts of energy.

New opportunities for junior researchers

The Human Brain Project offers new perspectives for PhD students and postdocs. With a project duration of 10 years, we can offer attractive research possibilities in an international and multi-disciplinary project. In this new context, we also hope to attract more women junior researchers to a career in computer science. This appears to be



Chance für den Nachwuchs

Das Human Brain Project eröffnet auch für den wissenschaftlichen Nachwuchs interessante Perspektiven. Mit einer Projektlaufzeit von zehn Jahren haben wir die Möglichkeit, neue Talente einzubinden und attraktive Doktoratsstellen in einem internationalen und multidisziplinären Projekt anzubieten. Erklärtes Ziel ist es, vermehrt Frauen für die Informatik zu begeistern. Da wir in diesem Projekt die Informatik mit anderen, bislang von Frauen bevorzugten Disziplinen wie Biologie und Psychologie verbinden, hoffen wir, über diese „Brücke“ talentierte Jungforscherinnen für die Informatik zu begeistern.

Neue Partnerinnen und Partner im Human Brain Project

Ungefähr 20 Prozent des Budgets des Human Brain Project sind für Ausschreibungen reserviert, die weitere Partnerinnen und Partner in das Projekt integrieren können. Diese Open Calls, die in den nächsten Monaten veröffentlicht werden, geben weiteren Instituten der TU Graz eine Chance zur Mitarbeit. ■

possible since this project creates bridges between computer science and disciplines which have long been preferred by women, such as biology and psychology.

New partners in the human brain project

About 20% of the budget of the Human Brain Project is reserved for open calls, which will integrate further partners into the project. These open calls, which are expected to be published within the next months, will offer other institutes of Graz University of Technology an opportunity to participate in this project. ■