

PRESSEINFORMATION

PRESSEINFORMATION

20. März 2017 || Seite 1 | 5

Molekulare motorbetriebene Bio-Computer

Startschuss für 6,1 Millionen Euro EU-Horizon 2020 Forschungsprojekt zur Entwicklung eines neuen Computer-Typen auf Basis von Biomolekülen



Fehler in Software oder Computerchips verursacht Abstürze von Computern oder Smartphones und ermöglichen Hackern das Stehlen von Passwörtern. Automatisierte Prüfverfahren könnten diese Probleme vermeiden. Leider steigt die dafür benötigte Rechenleistung exponentiell mit der Größe des Programmes an. Daher ist für herkömmliche Computer der Energieverbrauch der Kühlungsbedarf und die benötigte Rechenleistung zu hoch, um große Programme zu überprüfen.

Ein vor Kurzem gestartetes Forschungsprojekt hat die Entwicklung eines Bio-Computers zum Ziel, der zwei Hauptprobleme der Supercomputer von heute überwinden soll: Zum einen verbrauchen Supercomputer erhebliche Mengen elektrischen Stromes, sodass die Entwicklung mächtigerer Computer vor allem an der Kühlung der Prozessoren scheitert. Zum anderen sind heutige Computer nicht besonders gut darin, mehrere Aufgaben gleichzeitig zu erledigen. Der Bio-Computer auf Basis von molekularen Motoren verbraucht im Vergleich zu herkömmlichen Computern nur einen Bruchteil der Energie pro Rechenoperation. Außerdem kann er sehr viele Operationen gleichzeitig ausführen und ist daher besonders für Probleme wie die Softwareüberprüfung geeignet, bei der sehr viele Lösungen überprüft werden müssen.

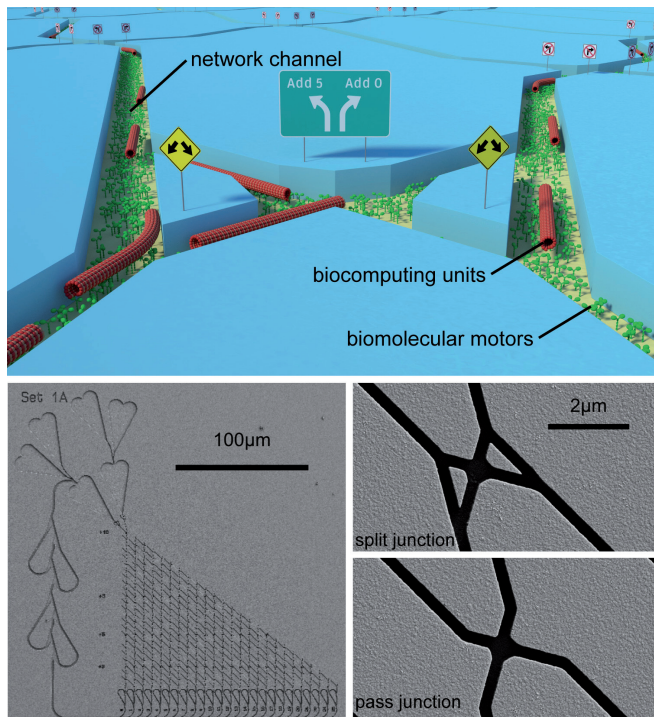
Der Einfluss dieser Forschung beschränkt sich nicht auf das Design fehlerfreier Software: »Praktisch betrachtet können alle wirklich interessanten mathematischen Probleme der heutigen Zeit mit unserer derzeitigen Computertechnologie nicht effizient berechnet werden«, so Dan V. Nicolau, Ph.D. M.D., vom britischen Unternehmen MolecularSense, das die initiale Idee zur Nutzung biomolekularer Motoren als Computer hatte. Diese Grenze, ab der ein Problem zu schwierig für einen Computer wird, möchte das hier vorgestellte neue Projekt durch die Nutzung biomolekularer Motoren als Recheneinheiten hinauschieben: Die Grundidee ist, dass die – jeweils nur wenige Milliardstel eines Meters (d.h. Nanometer) kleinen – biomolekularen Maschinen Probleme lösen, indem sie sich durch ein Netzwerk winziger Kanäle bewegen. Das per Nanofabrikation hergestellte Netzwerk repräsentiert dabei einen mathematischen Algorithmus (siehe Bild 1). Dieser Ansatz wird von den Forschern als »netzwerkbasierter Bio-Computer« bezeichnet. Jedes Mal, wenn die Biomoleküle eine Kreuzung im Netzwerk erreichen, können sie entscheiden, ob sie eine Zahl addieren oder nicht. Jedes einzelne Biomolekül fungiert so als ein winziger Computer – mit Prozessor und

Ansprechpartner

**Prof. Dr. Stefan E. Schulz | Bio4Comp-Projektleiter in der Fraunhofer-Gesellschaft,
stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer ENAS und Leiter des Geschäftsfelds Mikro- und Nanoelektronik**

Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS | Telefon +49 371 45001-232 |
Technologie-Campus 3 | 09126 Chemnitz | www.enas.fraunhofer.de | stefan.schulz@enas.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE NANOSYSTEME ENAS
 FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC



PRESEINFORMATION

20. März 2017 || Seite 2 | 5

Netzwerkbasierter Bioinformatik.
Oben: Schema von Bioinformatik-Einheiten, die mit Hilfe von molekularen Motoren durch eine Kreuzung inmitten eines Kanal-Netzwerkes geführt werden.
Unten: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen eines netzwerkbasierten bioinformatischen Systems und zweier Typen von Kreuzungen.
 (Illustration: Till Korten/TU Dresden, Aufnahmen: Cornelia Kowol/Fraunhofer ENAS)

Arbeitsspeicher. Obwohl jedes Biomolekül für sich betrachtet viel langsamer rechnet als ein elektronischer Computer, kann die schier unendliche Anzahl an Molekülen dank Selbstorganisation eine große Rechenleistung entwickeln. Dieser Ansatz funktioniert in kleinem Maßstab auch schon in der Praxis, wie die Forscher in einer Publikation im wissenschaftlichen Magazin PNAS zeigen konnten. »Wir nutzen die molekularen Motoren von Zellen, die in Milliarden von Jahren der Evolution optimiert wurden, als hocheffiziente Nanomaschinen« sagt Prof. Stefan Diez, der das teilnehmende Dresdner Forschungsteam leitet. »Die biologischen Recheneinheiten können sich selbst vermehren, um sich der Schwierigkeit des mathematischen Problems anzupassen«, ergänzt Dr. Till Korten von der TU Dresden, Mitkoordinator des Bio4Comp-Projektes und gemeinsamer Erstautor der PNAS-Publikation.

Das Forscherteam wird sich nun der Entwicklung der Technologie widmen, die zur Hochskalierung netzwerkbasierter Biocomputer benötigt wird. Dabei haben sich die Forscher zum Ziel gesetzt, andere alternative Computer wie DNA-Computer oder Quantencomputer zu übertreffen. Das Forscherteam hofft, damit eine größere Gemeinschaft aus Wissenschaft und Wirtschaft anzusprechen und so ein neues Forschungsfeld zu begründen. Um dies zu realisieren, haben sie eine Forschungsförderung des Future & Emerging Technologies (FET) Programmes der EU in Höhe von 6,1 Millionen Euro erhalten. Das geförderte Projekt ist stark interdisziplinär und bewegt sich im Spannungsfeld zwischen Mathematik, Biologie, Ingenieurwissenschaft und Informatik.

Redaktion

Dr. Martina Vogel | Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS | Telefon +49 371 45001-203 | Technologie-Campus 3 | 09126 Chemnitz | www.enas.fraunhofer.de | martina.vogel@enas.fraunhofer.de
Marie-Luise Righi | Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC | Telefon +49 931 4100-150 | Neunerplatz 2 | 97082 Würzburg | www.isc.fraunhofer.de | marie-luise.righi@isc.fraunhofer.de

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE NANOSYSTEME ENAS
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC**



PRESSEINFORMATION

20. März 2017 || Seite 3 | 5

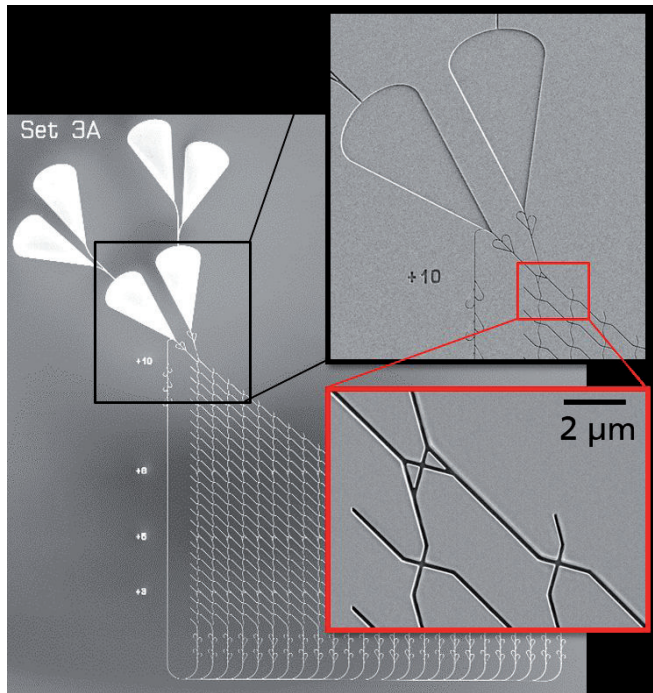
Beteiligte Forscher beim Auftakttreffen an der Universität Lund (Foto: Teresa de Martino).

Von der Fördersumme gehen 1,1 Millionen Euro an die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.. Fraunhofer wird seine Expertise auf den Gebieten Fertigungstechnik, Integration von Bauelementen und Materialwissenschaften einbringen und mit zwei seiner 69 Institute teilnehmen: dem Fraunhofer ENAS (Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme) in Chemnitz, Sachsen, und dem Fraunhofer ISC (Fraunhofer-Institut für Silicatforschung) in Würzburg, Bayern.

Das Fraunhofer ENAS wird mit seiner Expertise auf den Gebieten Nanostrukturierung und Smart Systems Integration dazu beitragen, eine skalierbare Fertigung der Netzwerke für das Bio-Computing zu ermöglichen. »Ein spannende Herausforderung dieses Projektes ist es, dass – zur Lösung dieser Aufgabe – aus der Mikroelektronik bekannte Fertigungstechnologien und neuartige Nanostrukturierungsverfahren in einem völlig neuen Kontext eingesetzt werden«, sagt Prof. Stefan E. Schulz, stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer ENAS, Leiter des Geschäftsfelds Mikro- und Nanoelektronik und Projektleiter für das EU-Projekt Bio4Comp innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft. Ein maßgeblicher Anteil der Arbeit wird in der Arbeitsgruppe Nanostrukturierung am Fraunhofer ENAS unter Leitung von Dr. Danny Reuter durchgeführt, die mittels Elektronenstrahl-Nanolithographie (EBL) die ingenieurwissenschaftlichen Herausforderungen angeht, einerseits die Grundfläche der Netzwerke für das Bio-Computing zu vergrößern und andererseits die Abmessungen der Kanäle und ihrer Abstände zueinander noch weiter zu verkleinern.

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** ist die führende Organisation für angewandte Forschung in Europa. Unter ihrem Dach arbeiten 69 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland. 24 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erzielen das jährliche Forschungsvolumen von 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen 1,9 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE NANOSYSTEME ENAS
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Netzwerks an nanofabrizierten Kanälen in drei Vergrößerungen. Die Kanalstrukturen und Kreuzungen sind wenige Hundert Nanometer schmal. Sie werden mittels Elektronenstrahl-Nanolithographie und anderen fortschrittlichen Strukturierungsverfahren gefertigt und mit molekularen Motorproteinen beschichtet, welche mobile Biomoleküle als informatische Einheiten durch die Kanäle leiten. Ein auf diese Weise gebauter netzwerkbasierter Bio-Computer kann genutzt werden, um mathematische Aufgaben zu lösen. (Aufnahmen: Cornelia Kowol/ Fraunhofer ENAS)

PRESSEINFORMATION
20. März 2017 || Seite 4 | 5

Das Fraunhofer ISC in Würzburg wird seine Expertise auf den Gebieten Materialdesign und Funktionalisierung von Hybridpolymeren einbringen. Das Institut hat die Aufgabe übernommen, fehlerfreie Kreuzungen zwischen den Mikrofluidik-Kanälen herzustellen. Die Würzburger nutzen dafür die Zwei-Photonen-Polymerisation (2PP) – ein echtes 3D-Laserdirektwriteverfahren. Solche Kreuzungen können beispielsweise als brückenartige Mikrostrukturen ausgebildet werden, die eine präzise Richtungsführung für die Motor-Proteine ermöglichen. Dafür müssen die mit 2PP geschriebenen Strukturen in das komplexe Kanalsystem integriert werden, das am Fraunhofer ENAS mit Elektronenstrahlolithographie hergestellt wird. »Die Aufgabe ist eine echte Herausforderung, da für die fehlerfreie Bewegung der Proteine eine extrem hohe Präzision beim Schreiben der Sub-Mikrometerstrukturen notwendig ist«, erklärt Gerhard Domann, Leiter des Bereichs Optik und Elektronik am Fraunhofer ISC. »Außerdem muss eine genau definierte chemische Wechselwirkung zwischen den Strukturen und den nanoskaligen Proteinen gesichert werden. Das erreichen wir durch den Einsatz hybrider Polymere, die eine von uns designte spezielle Oberflächenfunktionalität besitzen«, so Domann weiter. Eine gemeinsame Aufgabe für Fraunhofer wird die Integration der mikrofluidischen Bauelemente, wie der am Fraunhofer ISC entwickelten Kreuzungen, in einen funktionierenden netzwerkbasierter Bio-Computer sein. Die weiteren Partner des Konsortiums im Bio4Comp-Projekt sind die schwedischen Universitäten Lund und Kalmar (Carl-von-Linné-Universität), die Firma MolecularSense Ltd. aus dem Vereinigten Königreich, die Bar-Ilan-Universität in Ramat-Gan, Israel und die Technische Universität Dresden. Das Bio4Comp-Projekt (2017–2021) wird durch Horizont 2020 gefördert, das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation (Zuschussvereinbarung Nr. 732482). Weitere Informationen sind unter der Webseite des Konsortiums zu finden: <http://www.bio4comp.eu>.

Weitere Informationen:

zur zitierten Veröffentlichung (PNAS 2016): <http://www.pnas.org/content/113/10/2591.full?sid=5d9e45c4-6338-461e-9c93-a74c5ca7b6ed>

zur Projektwebseite: <http://www.bio4comp.eu>

zum Fördergeber: http://cordis.europa.eu/project/rcn/205991_en.html

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE NANOSYSTEME ENAS
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC

HAUPTKONTAKTDATEN:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
www.fraunhofer.de

Prof. Dr. Stefan E. Schulz
Stellvertretender Direktor des Fraunhofer ENAS, Leiter des Geschäftsfelds Mikro- und Nanoelektronik, Bio4Comp-Projektleiter in der Fraunhofer-Gesellschaft
E-Mail: stefan.schulz@enas.fraunhofer.de, Telefon: +49 371 45001-232

Dr. Martina Vogel, Leiterin Marketing & Public Relations, Fraunhofer ENAS, Chemnitz
E-Mail: martina.vogel@enas.fraunhofer.de, Telefon: +49 371 45001-203

Marie-Luise Righi, Leiterin Marketing & Kommunikation, Fraunhofer ISC, Würzburg
E-Mail: marie-luise.righi@isc.fraunhofer.de, Telefon: +49 931 4100-150

PROJEKTPARTNER:

Universität Lund, Schweden (Koordinator)

<http://www.nano.lu.se/>
Heiner Linke, Professor für Nanophysik und Direktor NanoLund
E-Mail: heiner.linke@ftf.lth.se, Telefon: +46 (0)46 222 4245
Kristina Lindgärde, Presseverantwortliche (LTH)
E-Mail: kristina.lindgarde@kansli.lth.se, Telefon: +46 (0)46 222 0769

Technische Universität Dresden, Germany

<http://www.tu-dresden.de/bcube/>
Stefan Diez, Professor für BioNanoTools
E-Mail: stefan.diez@tu-dresden.de, Telefon: +49 (0)351 463.43010
Franziska Clauss, Presseverantwortliche (B CUBE)
E-Mail: franziska.clauss@tu-dresden.de, Telefon: +49 (0)351 458.82065

Carl-von-Linné-Universität Kalmar, Schweden

<https://lnu.se/en/research/searchresearch/the-molecular-motor-and-bionano-group/>
Alf Månsson, Professor für Physiologie
E-Mail: alf.mansson@lnu.se, Telefon: +46 (0)70 886 6243
Annika Sand, Presseverantwortliche
E-Mail: annika.sand@lnu.se, Telefon: +46 (0)76 830 0105

Molecular Sense Ltd., Oxford, Vereinigtes Königreich

<https://molecularsense.com/>
Dan V. Nicolau Jr., Ph.D. M.D., Geschäftsführer
E-Mail: dan.nicolau@molecularsense.com, Telefon: +44 (0)755 232 3837

Bar-Ilan University, Ramat Gan, Israel

<http://www.eng.biu.ac.il/hillelk/>
Dr. Hillel Kugler, Hochschuldozent
E-Mail: kugler.hillel@biu.ac.il, Telefon: +972 (0)3 7384 437

PRESSEINFORMATION

20. März 2017 || Seite 5 | 5
