Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin

Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung

Band: - (2003)

Heft: 56

Artikel: Leitende Lebensleiter

Autor: Dessibourg, Olivier

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-550851

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Leitende Lebensleiter

Die DNA, das Molekül des Lebens, hat leitende Eigenschaften. Mögliche Anwendungen reichen von der Nanoelektronik bis zur Erklärung genetischer Krankheiten.

VON OLIVIER DESSIBOURG
ILLUSTRATIONEN SILVAN MEIER

Sie heisst Desoxyribonukleinsäure, kurz DNA, und spielt für unseren Organismus eine herausragende Rolle, enthält sie doch unser genetisches Erbe. Seit kurzem interessiert sich die Wissenschaft aber aus einem weiteren Grund für dieses Molekül: Es könnte nämlich Elektrizität leiten!

Ingenieure haben das Potential der DNA als neuen Werkstoff zur Herstellung von Leitungsdrähten im Nanometer*-Massstab erkannt. Das Molekül könnte sich als Meilenstein auf dem Weg zur Miniaturisierung elektronischer Komponenten erweisen. Der Schulterschluss zwischen Biologie und Elektronik wäre damit perfekt. Die Leitfähigkeit der DNA interessiert aber auch die Forschenden im Bereich der Lebenswissenschaften, weil die Mechanismen zur Verschiebung elektrischer Ladungen genetische Mutationen auslösen könnten, die für Krankheiten wie Parkinson oder Alzheimer verantwortlich sind.

Die Idee ist allerdings nicht neu, wurden erste Beobachtungen zur Leitfähigkeit der DNA doch bereits 1993 von einer amerikanischen Forschergruppe veröffentlicht. In der Schweiz arbeiten mehrere Gruppen in diesem Bereich, darunter jene von Bernd Giese an der Universität Basel. Zusammen mit seinem Team ist es ihm kürzlich gelungen, die Leitfähigkeit der DNA teilweise zu erklären.

Ladung hüpft von G zu G

Aus der Nähe gleicht dieses Molekül zwei langen Wörtern, bestehend aus den wenigen Buchstaben A, C, T und G (siehe Computergrafik). Die vier Buchstaben stehen dabei für vier verschiedene chemische Basen, die sich paarweise zusammenlagern und auf diese Weise die Sprossen einer spiralförmig gewundenen Leiter bilden. Das A bildet jeweils mit dem T ein Paar, das C mit dem G.

1998 beobachtete ein Student von Bernd Giese zufällig ein unerwartetes Verhalten der Base Guanin (G): Wird sie positiv geladen, so wandert die Ladung auf dem Molekül weiter. Betrachtet man die (negativ geladenen) Elektronen, die über die Basenpaare A-T und C-G verteilt sind, so

entspricht die positive Ladung einer Elektronenlücke auf dem Guanin. Wird diese Lücke nun fortlaufend durch ein Elektron einer benachbarten Sprosse ausgefüllt, wandert die positive Ladung – oder eben die Lücke – entlang dem Molekül. Und damit fliesst Strom...

Zum grossen Erstaunen der Forscher «schien es aber, als ob man nur Guanin laden kann, nicht aber die anderen Basen», erklärt Bernd Giese. Die Basler Chemiker haben deshalb ein Modell zur Erklärung der Ladungsverschiebung entwickelt: «Die Ladung wandert nicht gleichmässig wie in einem Kupferdraht, sondern springt von G zu G.» Wie wenn jemand einen grossen Fluss überqueren würde, in dem er von Stein zu Stein hüpfte, statt – wie der Elektronenfluss im Kupferdraht – über die Brücke zu wandern.

«Dieses Bild reicht aber zur Erklärung nicht ganz aus», fährt Giese fort. «Es legt nämlich den Schluss nahe, dass die Ladung im Falle zweier zu weit auseinander liegender Guanin-Basen nicht mehr weiterkommt, dass die A-T-Paare also eine Barriere bilden. Wir stellten aber fest, dass die Ladung trotzdem weiterwandert!» Dafür musste eine Erklärung gefunden werden. Den Basler Chemikern ist nun ein Schritt in diese Richtung gelungen: «Mit Hilfe einer systematischen Studie konnten wir zeigen, dass bei wenigen A-T-Paaren die Wahrscheinlichkeit einer Ladung, weitergeleitet zu werden, mit zunehmender Anzahl A-T-Sprossen sinkt (siehe Diagramm). Bei einer grossen Zahl aufeinander folgender A-T-Paare dagegen hat die Länge des dazwischen liegenden A-T-Abschnitts keinen Einfluss.» Mit anderen Worten: Ab einer bestimmten Anzahl spielt die Breite der Barriere keine Rolle mehr für die Weiterleitung der Ladung. «In diesem Fall werden die A-T-Paare ihrerseits zu Steinen, über die sich der Fluss durchqueren lässt. Ein Phänomen, das wir noch nicht ganz verstehen», gesteht der Forscher.

Schutz vor Mutationen

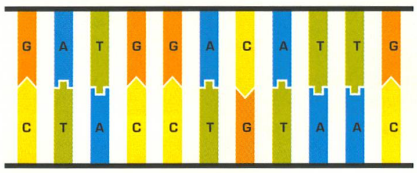
Von grossem Interesse sind diese Ergebnisse insbesondere für die Erklärung genetischer Krankheiten. Gewisse Bereiche unserer DNA werden als kodierend bezeichnet: Sie enthalten unseren «Bauplan». «Ladungen könnten in diesen Bereichen Mutationen verursachen. Glücklicherweise ist die Natur in dieser Hinsicht gut eingerichtet. In den nichtkodierenden Bereichen der DNA gibt es ausgedehnte C-G-Sequenzen, welche diese beweglichen Ladungen aus den kodierenden Bereichen wie Magnete anziehen», bemerkt Bernd Giese. Eine weitere Anwendung der leitenden Eigenschaften der DNA könnte sich in der Nanoelektronik ergeben. «DNA ist hier sehr interessant, da sie sich einfach, sozusagen Sprosse um Sprosse, zu einem Leitungsdraht zusammenbauen lässt», führt der Chemiker aus.

Noch sind aber nicht alle Probleme gelöst: «Die Übertragungsrate der Ladung ist niedrig, der Vorgang relativ langsam und die Effizienz daher gering. Ausserdem ist es technisch schwierig, die DNA mit leitenden Oberflächen zu verbinden», sagt Bernd Giese und fährt fort: «Die DNA befindet sich ausserdem meistens in Kontakt mit Wasser. Wasser aber verhindert eine Verschiebung der Ladungen entlang der DNA. Wir versuchen deshalb, den Kontakt mit Wasser mit Hilfe experimenteller Bedingungen zu vermeiden.»

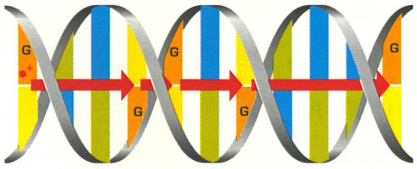
Dass dieses Forschungsgebiet ein so grosses Echo auslöst, hat jedoch in den Augen des Basler Forschers andere Gründe: «Es handelt sich um ein wirklich interdisziplinäres Forschungsgebiet, dessen Ergebnisse sowohl die Physik als auch die Medizin und die Biochemie weiterbringen. Die anfängliche wissenschaftliche Kontroverse wirkte zudem als starker Katalysator. Wenn es gelingen sollte, die Leitfähigkeit in den Griff zu bekommen, werden sich ganz neue Horizonte eröffnen. So oder so glaube ich aber, dass die Erforschung der DNA wichtig ist. Wir arbeiten mit dem Molekül des Lebens, weshalb jede feststellbare Wirkung auf die DNA auch unser Dasein direkt beeinflussen kann.» ■

* 1 Nanometer entspricht 1 milliardstel Meter.

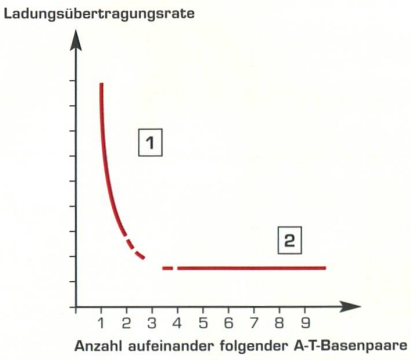
BOCKSPRINGENDE LADUNGEN



Die DNA besteht aus den vier chemischen Basen Guanin (G), Cytosin (C), Adenin (A) und Thymin (T). Jeweils zwei Basen verbinden sich zu einem Paar – A mit T und C mit G – und bilden auf diese Weise die Sprossen einer Leiter.



Diese Leiter ist nicht gerade, sondern spiralförmig gewunden. Lädt man eine Guanin-Base mit einer positiven Ladung, so hüpft diese von Guanin zu Guanin weiter.



1 Bei einer kleinen Zahl von A-T-Paaren sinkt die Rate der Ladungsübertragung (Wahrscheinlichkeit einer Weiterleitung der Ladung) erwartungsgemäss mit zunehmender Anzahl dazwischen liegender A-T-Paare exponentiell.

2 Liegen jedoch über vier A-T-Paare zwischen zwei Guanin-Basen, so nimmt die Rate der Ladungsübertragung nicht mehr ab.