



I. Willner

Der auf dieser Seite vorgestellte Autor veröffentlichte kürzlich seinen **35. Beitrag** seit 2000 in der *Angewandten Chemie*: „Multiplexed Analysis of Hg^{2+} and Ag^+ Ions by Nucleic Acid Functionalized CdSe/ZnS Quantum Dots and Their Use for Logic Gate Operations“: R. Freeman, T. Finder, I. Willner, *Angew. Chem.* **2009**, 121, 7958–7961; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2009**, 48, 7818–7821.

Itamar Willner

Geburtstag: 27. Januar 1947

Stellung: Professor für Chemie, The Hebrew University of Jerusalem (Israel)

Werdegang: 1968 BSc in Chemie/Physik, The Hebrew University of Jerusalem

1973 MSc, The Hebrew University of Jerusalem

1978 Promotion, The Hebrew University of Jerusalem

1978–1981 Postdoktorat, Department of Chemistry and Laboratory for Chemical Biodynamics, University of California, Berkeley (USA)

Preise:

1998 Max-Planck-Forschungspreis für internationale Kooperation (Deutschland); **2001** Israel Chemical Society Award; **2002** Israel Prize für Chemie; **2002** Mitglied der Israelischen Akademie der Wissenschaften; **2004** Mitglied der Europäischen Akademie der Wissenschaften und Künste; **2005** Ehrenprofessur an der Tsinghua University, Peking (China); **2007** Ehrenprofessur an der East China University of Science and Technology, Shanghai (China); **2008** Rothschild Prize (Israel); **2008** EMET Prize (Israel); **2009** Fellow der Royal Society of Chemistry; **2009** Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina

Forschung: Bioelektronik: Entwicklung chemischer Methoden für die Kopplung von Biomolekülen mit Elektroden und Anwendung solcher Systeme als elektrische Sensoren; Oberflächenmodifizierung mit Biomolekülen für optische und Sensoranwendungen; Synthese von Konjugaten aus Biomolekülen und Metallnanopartikeln oder Halbleiter-Quantenpunkten und Anwendung solcher Systeme als optische Sensoren und Sonden zur Untersuchung des Stoffwechsels in der Zelle; Selbstorganisation von Biomolekülen, insbesondere Nucleinsäuren, zu programmierten Nanostrukturen, die mechanische, logische und Rechenoperationen ausführen können und als Matrizen für die Herstellung von Nanoschaltkreisen dienen; Oberflächenmodifizierung mit funktionellen molekularen und nanopartikulären Systemen für Anwendungen als molekulare Maschinen, Sensoren, Schaltelemente und Wirkstofftransporter; Entwicklung von künstlichen Photosynthesessystemen, Biobrennstoffzellen und Photobiobrennstoffzellen

Hobbies:

Sammeln von Gemälden und archäologischen Gegenständen (vor allem alte jüdische Münzen)

Wenn ich kein Wissenschaftler wäre, wäre ich ... Kunst- und Antiquitätenforscher.

Das Geheimnis, das einen erfolgreichen Wissenschaftler ausmacht, ist ... Kreativität, harte Arbeit und, am wichtigsten, Glück.

Der Teil meines Berufs, den ich am meisten schätze, ist, ... mit meinen jungen Mitarbeitern zusammenzusitzen, um ein neues Forschungsprojekt zu formulieren.

Meine Lieblingsfächer in der Schule waren ... Chemie und Physik.

Mit achtzehn wollte ich ... Chemiker werden.

Morgens nach dem Aufstehen ... plane ich herausfordernde Experimente für meine Studenten mit Hilfe einer starken Tasse Kaffee.

Die größte Herausforderung für Wissenschaftler ist ... die Entwicklung von sauberen Energiequellen und von wirksamen Medikamenten gegen Krebs.

Ich bin Chemiker geworden, weil ... die Chemie einem die Möglichkeit gibt, jeden Tag etwas Neues zu erschaffen und eine verrückte Idee in ein funktionierendes System zu verwandeln.

Die wichtigste Anwendung meiner Forschung in der Zukunft ... sind Sensoren für die medizinische Diagnostik, den Heimatschutz und die Umweltüberwachung.

Meine größte Motivation ist, ... eine wichtige Entdeckung zu machen, die eine fundamentale wissenschaftliche Frage löst.

Der beste Rat, den ich je erhalten habe, ist ... die Chemie als eine Brücke zwischen der Physik und Biologie zu nutzen und mir ein solides Wissen in allen Disziplinen der Chemie zu verschaffen (Melvin Calvin).

Was ich gerne entdeckt hätte, ist ... die Doppelstrangstruktur der DNA und die Polymerasekettenreaktion.

Wie unterscheidet sich die chemische Forschung heute von der zu Beginn Ihrer Laufbahn?

Vieles hat sich verändert. Zunächst hat man gewaltige Fortschritte bei den analytischen Techniken erzielt, zum Beispiel durch die Entwicklung der Massenspektrometrie, der NMR- und Infrarotspektroskopie und der Röntgentechniken. Diese Techniken ermöglichen heute die genaue Charakterisierung von supramolekularen Strukturen, Biopolymeren, Nanostrukturen und Monoschichten auf Oberflächen. Insbesondere sind die Rastersondenmikroskopie und die hochauflösende Elektronenmikroskopie zu Standardwerkzeugen für die Bildgebung von Einzelmolekülen und Nanostrukturen geworden. Von solchen Möglichkeiten konnte man zu Beginn meiner Karriere nur träumen. Als zweites wurden durch die Synthese von Nanopartikeln, Nanoröhren und Nanodrähten sowie durch das Verständnis ihrer besonderen elektronischen, optischen und magnetischen Eigenschaften bedeutende theoretische und experimentelle Fortschritte erreicht. Diese Forschung hat den Weg zu neuen Forschungsfeldern geebnet. So führte etwa die Kopplung von Molekülen, Polymeren oder Biomaterialien an solche Nanoobjekte zu neuartigen Hybridmaterialien mit spezifischen Eigenschaften und Funktionen.

Hat sich Ihre Herangehensweise an die chemische Forschung seit Beginn Ihrer Karriere geändert?

Ja. Am Anfang lag der Schwerpunkt auf synthetischen Molekülen, später entdeckten wir dann die wichtigen Funktionen von Biomolekülen in chemischen Systemen. Vor allem war es die chemische Modifizierung von Biomolekülen mit molekularen oder Nanopartikelsystemen, die uns zu Materialien mit neuartigen Eigenschaften und Funktionen führte. Diese Forschungen haben eine neue Richtung in der Chemie mit aufregenden Möglichkeiten etabliert. Auch hat die Visualisierung einzelner Moleküle durch verschiedene mikroskopische Methoden zu unverzichtbaren Werkzeugen für die Charakterisierung unserer Systeme auf der molekularen Ebene geführt.

Hat sich Ihre Einstellung zur Veröffentlichung von Ergebnissen seit Beginn Ihrer Karriere geändert?

Nicht wirklich! Meine Einstellung war immer, in den besten Zeitschriften zu publizieren und besonderen Wert auf die Qualität der Ergebnisse zu legen. Das halte ich nach wie vor so!

Was glauben Sie, hält die Zukunft für Ihr Forschungsgebiet bereit?

Unsere Forschung spielt sich in dem schnell expandierenden Gebiet der Nanobiotechnologie ab, das wichtige Anwendungen in den Bereichen Wirkstofftransport, Sensoren, Informationsverarbeitung, Energieumwandlung und Nanomedizin

verspricht. Ich bin fest davon überzeugt, dass unsere Forschung zur Entwicklung von Hochdurchsatz-Assays für die klinische Diagnostik und den Heimatschutz führen wird. Ich glaube, dass wir auf dem Weg hin zur Entwicklung von DNA-basierten molekularen Maschinen für den schnellen Nachweis von Erbkrankheiten sind, ebenso wie von Biomarkern für vielfältige Krankheiten und Toxine. Ich denke auch, dass die in Biomolekülen kodierte Information zur Entwicklung von Biocomputern für eine zukünftige Nanomedizin genutzt werden kann. Wenn man solche Biocomputer in Zellen implementiert und per Biomarker aktiviert, könnte man zum Beispiel Tumorzellen selektiv zerstören. Auch unsere ersten Arbeiten zur Entwicklung einer Biobrennstoffzelle machen Fortschritte, und ich sehe die Anwendung dieser Systeme als „grüne Batterien“ voraus, oder gar für Systeme, die Körperflüssigkeiten wie Blut als elektrische Energiequelle für den Betriebimplantiert Funktionseinheiten nutzen.

Haben Sie den Schwerpunkt Ihrer Forschung während Ihres Werdegangs verlagert und wenn ja warum?

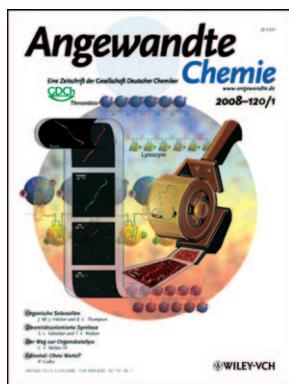
Ich habe mich immer für chemische Systeme interessiert, deren photonische, elektronische oder katalytische Funktionen durch die gezielte Organisation der molekularen Komponenten eingestellt werden können. Obwohl sich die spezifischen Zielsetzungen unserer Forschung über die Jahre verlagerten – von der künstlichen Photosynthese, über bioelektronische und optoelektronische Systeme und schließlich hin zur Nanotechnologie und Nanobiotechnologie –, sind die fundamentalen Konzepte unverändert geblieben. Wir verwenden Biomaterialien als aktive Komponenten in chemischen Systemen und versuchen, sie durch künstliche chemische Ansätze nachzuahmen. Im Gegenzug versuchen wir, Biomoleküle chemisch zu modifizieren und neue Funktionen und Eigenschaften einzuführen.

Welchen Rat geben Sie dem wissenschaftlichen Nachwuchs?

Erfolg setzt sich aus drei Bestandteilen zusammen: dem Talent, kreative und herausfordernde Projekte zu formulieren, harter Arbeit und Glück. Mein Ratschlag wäre also, weiter hart zu arbeiten. Wer dann noch die richtigen Fähigkeiten mitbringt und außerdem noch Glück hat, dem winkt eine glänzende Zukunft.

Was ist das Geheimnis, so viele erstklassige Arbeiten publiziert zu haben?

Ich hatte das Glück, über all die Jahre hinweg extrem talentierte und hoch motivierte Mitarbeiter zu haben. Ihnen sollte ich für unseren Erfolg danken.



I. Willner war auch auf dem Titelbild der *Angewandten Chemie* vertreten:
„Increasing the Complexity of Periodic Protein Nanostructures by the Rolling-Circle-Amplified Synthesis of Aptamers“: Z. Cheglakov, Y. Weizmann, A. B. Braunschweig, O. I. Wilner, I. Willner, *Angew. Chem.* **2008**, 120, 132–136; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, 47, 126–130.

Meine 5 Top-Paper:

1. „Bioelectrocatalyzed Amperometric Transduction of Recorded Optical Signals Using Monolayer-Modified Au-Electrodes“: I. Willner, M. Lion-Dagan, S. Marx-Tibbon, E. Katz, *J. Am. Chem. Soc.*, **1995**, *117*, 6581–6592.

Dies ist eine Schlüsselstudie, die die Funktionalisierung von Elektrodenoberflächen mit photoaktiven oder elektroaktiven Molekül- oder Protein-Monoschichten beschreibt. Die Arbeit schuf die Grundlage für unsere Forschungen zur elektrischen Verschaltung von Redoxproteinen mit Elektroden in Monoschichtkonfigurationen und für unsere Entwicklung von photoschaltbaren Biomaterialien und molekularen Systemen auf Oberflächen. Die Studie etablierte neue Richtungen im Gebiet der molekularen und biomolekularen Optoelektronik.

2. „Plugging into Enzymes: Nanowiring of Redox Enzymes by a Gold Nanoparticle“: Y. Xiao, F. Patolsky, E. Katz, J. F. Hainfeld, I. Willner, *Science*, **2003**, *299*, 1877–1881.

Diese Studie beschreibt die Verwendung von Enzym-Nanopartikel-Hybridsystemen in der biomolekularen Elektronik. Konkret ging es um die elektrische Kontaktierung eines Redoxenzymes an eine Elektrode mithilfe eines 1.2 nm großen Au-Nanopartikels, das über einen Rekonstitutionsprozess in den Biokatalysator eingebaut wurde. Die Studie war das Ergebnis unserer intensiven Forschungen über die elektrische Kontaktierung von Redoxenzymen mit Elektroden durch Oberflächenrekonstitution von Apoproteinen auf Cofaktor-Einheiten. Dass ein Metallnanopartikel die Redoxzentren von Proteinen mit Elektroden verschalten kann, war eine Schlüsselentdeckung in der Nanobiotechnologie. In der Folge haben wir und andere Wissenschaftler viele Arten von Nanopartikeln, Nanoröhren und Nanodrähten als elektronische Konektoren für die Verschaltung von Enzymen mit Elektroden untersucht und die Anwendung dieser modifizierten Elektroden in bioelektronischen Funktionseinheiten wie Biosensoren oder Biobrennstoffzellen erschlossen.

3. „Lighting-Up the Dynamics of Telomerization and DNA Replication by CdSe-ZnS Quantum Dots“: F. Patolsky, R. Gill, Y. Weizmann, T. Mokari, U. Banin, I. Willner, *J. Am. Chem. Soc.*, **2003**, *125*, 13918–13919.

Diese Studie demonstrierte die Verwendung von Nucleinsäure-funktionalisierten Halbleiterquantenpunk-

ten als Hybridsysteme für die optische Biosensorik. Es wurde gezeigt, dass die Quantenpunkte nicht nur als lumineszierende Marker für Bioerkennungsergebnisse agieren, sondern darüber hinaus auch zur Verfolgung biokatalytischer Umwandlungen wie der DNA-Replikation oder der Telomerisierung dienen können. Die Studie diente als Leitfaden für unsere Forschungen über funktionalisierte Quantenpunkte für die optische Sensorik und Biosensorik.

4. „A Virus Spotlighted by an Autonomous DNA Machine“: Y. Weizmann, M. K. Beissenhirtz, Z. Cheglakov, R. Nowarski, M. Kotler, I. Willner, *Angew. Chem.* **2006**, *118*, 7544–7548; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2006**, *45*, 7384–7388.

In dieser Studie wurde die Anwendung von maßgeschneiderten Nucleinsäure-Nanostrukturen und DNA-basierten Maschinen für den ultraempfindlichen DNA-Nachweis eingeführt. Insbesondere wurden eine neue Technik für die isotherme Replikation eines DNAzyms sowie ein zur Polymerasekettenreaktion alternativer Amplifizierungsprozess beschrieben. Die Studie diente uns und anderen Forschern als Grundlage für die Entwicklung neuartiger DNA-Amplifizierungssysteme. Das Konzept wurde zum Nachweis von Metallionen, niedermolekularen Substraten und Proteinen weiterentwickelt.

5. „Enzyme Cascades Activated on Topologically Programmed DNA Scaffolds“: O. I. Wilner, Y. Weizmann, R. Gill, O. Lioubashevski, R. Freeman, I. Willner, *Nature Nanotechnol.* **2009**, *4*, 249–254.

Diese Studie beschreibt die Selbstorganisation von DNA-Nanodrähten bestehend aus „hexagonalen“ Bausteinen sowie die programmierte Aggregation von zwei Enzymen oder einem Cofaktor und einem Enzym an diesen Nanostrukturen. Das Neue an dieser Studie war der Nachweis, dass die programmierte Positionierung der Komponenten auf der DNA-Matrix die Reaktivitäten der entstehenden Systeme steuert. Die Studie etablierte eine neue Forschungsrichtung in der Nanotechnologie, bei der selbstorganisierte DNA-Nanostrukturen als Matrizen für die Steuerung biokatalytischer Umwandlungen und photokatalytischer Prozesse agieren und organisierte Matrizen für das kontrollierte Wachstum von metallischen Nanodrähten bereitstellen. Diese Systeme sind vielversprechend für Anwendungen in der Biotechnologie, als Biosensoren und in der Nanoelektronik.

DOI: 10.1002/ange.201000338