



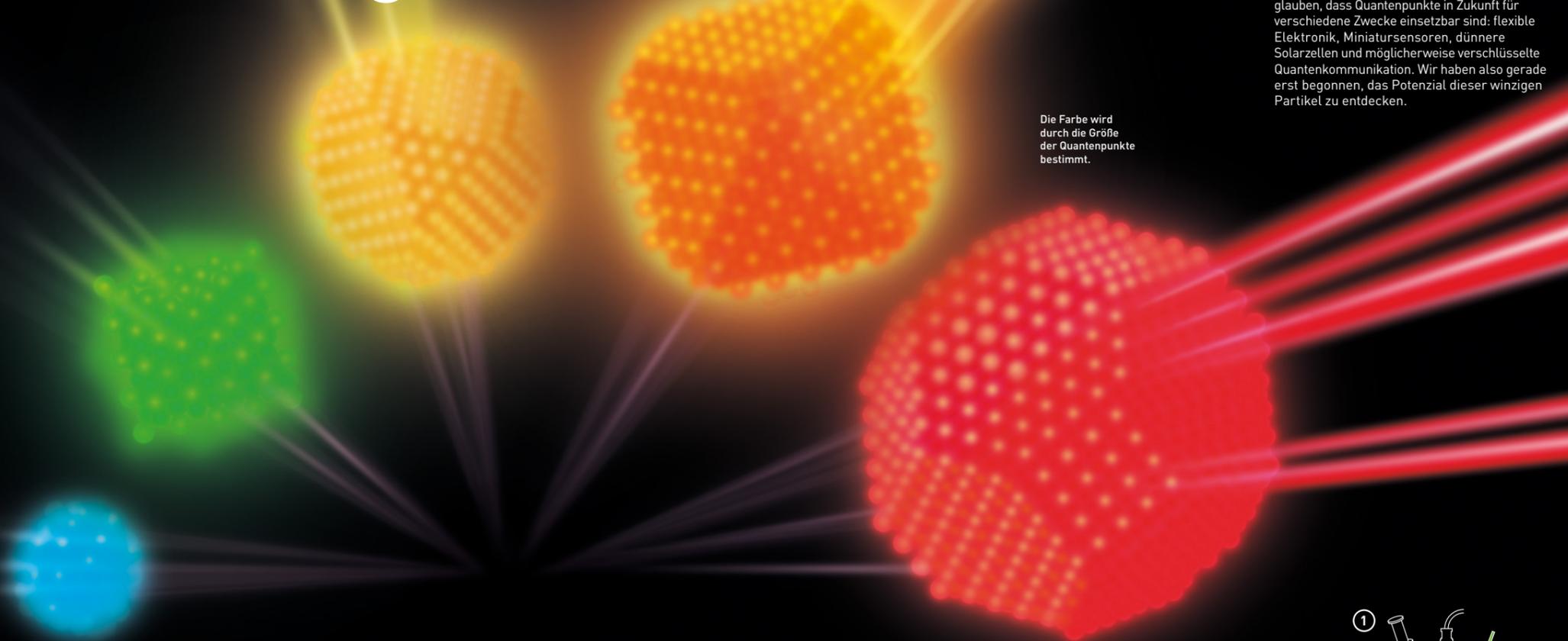
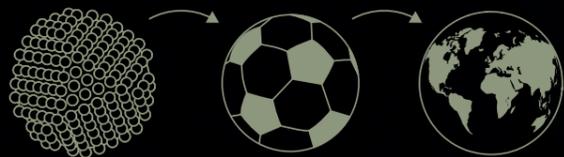
Die Abbildung zeigt den Nobelpreis für Chemie 2023, der an Moungi G. Bawendi, Louis E. Brus und Aleksey Yekimov verliehen wurde.

# Ihre Entdeckung brachte Farbe in die Nanotechnologie

Die Forscher erhielten den Nobelpreis für Chemie 2023 für die Entdeckung und Entwicklung der sogenannten *Quantenpunkte*. Diese Nanoteilchen weisen einzigartige Eigenschaften auf, und ihr Licht erhellt Fernsehbildschirme und LED-Lampen. Biochemiker setzen sie zur Kartierung des Zellinneren ein, und in der medizinischen Forschung wird untersucht, ob Chirurg\*innen mit Hilfe von Quantenpunkten Tumorgewebe im Körper besser erkennen können.

Chemiestudent\*innen lernen, dass die Eigenschaften einer Substanz von den Atomen bestimmt werden, aus denen sie besteht. Schrumpft Materie jedoch auf Nanodimensionen, setzen so genannte *Quanteneffekte* ein, die größenabhängig sein können. Quanteneffekte können Materie spektakuläre Eigenschaften verleihen; beispielsweise können Partikel je nach Größe verschiedene Farben haben, obwohl sie aus ein und demselben Material bestehen. Physiker\*innen wissen bereits seit langem, dass bei Nanopartikeln größenabhängige Quanteneffekte auftreten können, doch bis in die 1970er Jahre war es nahezu unmöglich, im Nanobereich exakte Strukturen zu bilden. Aus diesem Grund glaubten nur wenige

Forscher\*innen, dass diese Erkenntnisse einen praktischen Nutzen haben könnten. Zu Beginn der 1980er Jahre entdeckten Aleksey Yekimov und Louis Brus – jedoch unabhängig voneinander – größenabhängige Quantenphänomene in winzigen Nanopartikeln. Moungi Bawendi revolutionierte anschließend die Verfahren zur Herstellung dieser Partikel, die heute als Quantenpunkte bezeichnet werden. Dabei handelt es sich um Kristalle, die nur aus ein paar hundert oder wenigen tausenden Atomen bestehen und deren Durchmesser im Bereich von Millionsteln eines Millimeters liegt; das Größenverhältnis dieser Quantenpunkte zu einem Fußball entspricht dem Verhältnis dieses Fußballs zur Erde.



Die Farbe wird durch die Größe der Quantenpunkte bestimmt.

**Eine strahlende Zukunft für Quantenpunkte**  
Quantenpunkte werden heute in der QLED-Technologie verwendet, die bei Computer- und Fernsehbildschirmen zum Einsatz kommt. Darüber hinaus optimieren sie das Licht von LED-Lampen und werden in der biochemischen und medizinischen Forschung zur Kartierung von biologischem Gewebe eingesetzt. Forscher\*innen glauben, dass Quantenpunkte in Zukunft für verschiedene Zwecke einsetzbar sind: flexible Elektronik, Miniatursensoren, dünnere Solarzellen und möglicherweise verschlüsselte Quantenkommunikation. Wir haben also gerade erst begonnen, das Potenzial dieser winzigen Partikel zu entdecken.

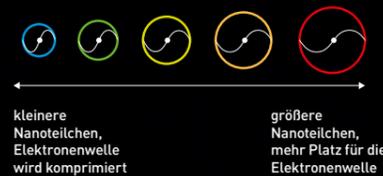
**Moungi G. Bawendi**  
Geboren 1961 in Paris, Frankreich. Professor am Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, USA.

**Louis E. Brus**  
Geboren 1943 in Cleveland, OH, USA. Professor an der Columbia University, New York, NY, USA.

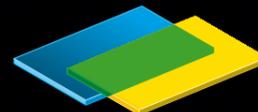
**Aleksey Yekimov**  
Geboren 1945 in der ehemaligen Sowjetunion. Früherer Forschungsleiter bei Nanocrystals Technology Inc., New York, NY, USA.



**Quantenphänomene – wenn Elektronen komprimiert werden**  
Bei extrem kleinen Partikeln werden die Teilchenwellen der Elektronen zusammengedrückt, was sich auf die Energieniveaus der Elektronen auswirkt. Hierdurch verändern sich die Eigenschaften der Materie drastisch. Beispielsweise variiert die Farbe der Quantenpunkte mit der Partikelgröße – die Veränderungen betreffen aber auch andere Eigenschaften, unter anderem die Leitfähigkeit und den Schmelzpunkt der Partikel.



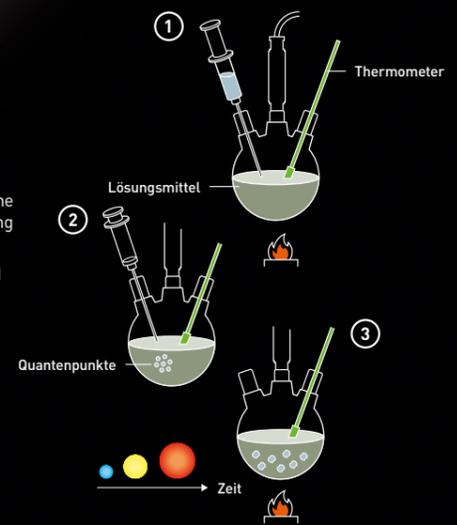
**Yekimov setzt Quantenpunkte zum Färben von Glas ein**  
1981 gelang es Aleksey Yekimov, größenabhängige Quantenpunkte in farbigem Glas zu erzeugen, wobei die Farbe von Kupferchlorid-Nanopartikeln stammte, die in dem Glas eingeschlossen waren. Die Partikel wiesen abhängig von der Temperatur, bei der Yekimov das Glas hergestellt hatte, unterschiedliche Größen auf. Der Forscher konnte zeigen, dass unterschiedlich große Partikel unterschiedliche Farben zur Folge hatten. Je kleiner sie waren, umso blauer war das Glas. Yekimov wurde bald klar, dass die Farbänderung durch größenabhängige Quanteneffekte hervorgerufen wurde.



**Brus entdeckt Quantenpunkte in einem Messbecher**  
1983 konnte Louis Brus als erster Wissenschaftler weltweit größenabhängige Quanteneffekte bei in einer Flüssigkeit freischwebenden Partikeln nachweisen. Sein Ziel war es, halbleitende Nanoteilchen zu erzeugen, die chemische Reaktionen katalysieren können. Im Zuge seiner Arbeit erkannte er, dass sich die optischen Eigenschaften sehr kleiner Partikel veränderten, wenn sie eine Zeit lang im Labor stehengelassen wurden – vermutlich, weil sie gewachsen waren. Es stellte sich heraus, dass die größeren Partikel Licht bei Wellenlängen, die ins Rote verschoben waren, absorbierten, ein Phänomen, das Brus mit Quanteneffekten erklärte.



**Bawendi erzeugt beinahe perfekte Quantenpunkte**  
1993 revolutionierte Moungi Bawendi die chemische Synthese von Quantenpunkten. Die von ihm erzeugten Quantenpunkte waren beinahe perfekt – was die Voraussetzung für ihre Nutzung darstellt. Dieses Ergebnis erzielte er wie folgt:  
1. Er injizierte Substanzen, die Kadmiumselenid bilden können, in ein sorgfältig ausgewähltes heißes Lösemittel in einem Volumen, das ausreichte, um das Lösemittel im Bereich der Nadel zu sättigen.  
2. Es entstanden umgehend kleine Kadmiumselenid-Kristalle; da jedoch eine rasche Verdünnung des injizierten Gemisches erfolgte, hörten die Kristalle auf zu wachsen.  
3. Als Bawendi die Temperatur des Lösemittels erhöhte, begannen die Kristalle erneut zu wachsen. Durch eine vorsichtige Temperatur- und Zeitsteuerung konnte er Kristalle einer genauen und vorhersagbaren Größe erzeugen.



Fotos: Portrait von Moungi G. Bawendi: Jodi Hilton; Portrait von Louis E. Brus: Barbara Alper/Columbia University; Portrait von Aleksey Yekimov: Littera Photography

## ERFAHREN SIE MEHR ÜBER DIE NOBELPREISE UNTER [KVA.SE/EN](http://kva.se/en)

Weitere Informationen zum Nobelpreis für Chemie 2023 erhalten Sie auf den englischsprachigen Seiten [kva.se/nobelchemistry2023](http://kva.se/nobelchemistry2023) sowie unter [nobelprize.org](http://nobelprize.org). Dort finden Sie zusätzliches Material über die Laureat\*innen und ihre Forschung mit passenden Videos.

Redaktion: Peter Brzezinski, Heiner Linke und Johan Åqvist, Nobelkomitee für Chemie, Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften; Ann Fernholm, Wissenschaftsredakteurin; Sara Rylander, Redakteurin, Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften. **Grafikdesign:** IVY Agency. **Illustrationen:** Johan Jarnestad/Infographics.se

Druck und Vertrieb mit freundlicher Unterstützung von



Realisierung der deutschen Version durch



Druck und Vertrieb der deutschen Version gefördert von der  
CHRISTA UND HERMANN LAUR - STIFTUNG

© Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften  
Box 50005, SE-104 05 Stockholm, Schweden  
+46 8 673 95 00, [kva.se](http://kva.se)  
Dieses und weitere Poster sind online verfügbar unter [mediatheque.lindau-nobel.org/educational](http://mediatheque.lindau-nobel.org/educational) und [kva.se/nobelposters](http://kva.se/nobelposters).