

Prof. Dr. Roland Netz, Sektion Physik, Theresienstr. 37, Ludwig-Maximilians-Universität, 80333 München

tiven Ladungen, welche quadratisch proportional zur Gegenionenvalenz q ist. Dies erklärt, warum insbesondere *mehrwertige* Ionen eine Attraktion hervorrufen, wie in den oben erwähnten Experimenten eindrucksvoll gezeigt wird. Dieses simple Argument zeigt auch, warum die Größe der Gegenionen wichtig ist: Der minimale Abstand der negativen Ladungen entspricht dem Gegenionendurchmesser, je kleiner also das Gegenion, desto kleiner der minimale Abstand und umso größer die Attraktion, in Übereinstimmung mit dem Experiment [4].

Allerdings suggeriert dieses Argument, welches die Entropie der lokalisierten Gegenionen vollständig vernachlässigt, dass Gegenionen immer eine Attraktion hervorrufen müssten. Dies ist nicht richtig, da für einwertige Gegenionen die Gegenionenverteilung sehr diffus ist und damit eine homogene Ladungsverteilung erzeugt. Die Wechselwirkung wird dann tatsächlich repulsiv. Die genaue Grenze zwischen Attraktion und Repulsion hängt neben der Valenz der Gegenionen auch von der Oberflächenladungsdichte der geladenen Objekte ab und konnte mit Hilfe von Simulationen für den Fall von planaren Körpern bestimmt werden [2]. Für die bei biologischen Objekten typischen Oberflächenladungsdichten ergibt sich der Wechsel von Repulsion zu Attraktion tatsächlich, wenn man von einwertigen zu zweiwertigen Gegenionen übergeht.

Das Verständnis des für die effektive Wechselwirkung zwischen geladenen Körpern relevanten Gegenionenverhaltens ist also wichtig, da es die gezielte Kontrolle und Manipulation von supermolekularen Strukturen auf der Nanometerskala

erlaubt. Eine Anwendung ist die Konstruktion von künstlichen Viren im Reagenzglas, die es erlauben soll, fehlende oder fehlerhafte Gene im Körper durch passende DNS-Stränge zu ersetzen. Um die zahlreichen Barrieren im Körper auf dem Weg zum Zellkern zu passieren, muss die stark negativ geladene DNS in eine kompakte Form gebracht werden, was am einfachsten geschieht, indem durch Zugabe von positiven mehrwertigen Gegenionen eine Attraktion zwischen den DNS-Segmenten erzeugt wird.

Allerdings sind wir noch weit von einer vollständigen Beschreibung dieser Phänomene entfernt, aus den folgenden Gründen: In der Realität besitzt jeder geladene Körper eine inhomogene, charakteristische Ladungsverteilung [5], gibt es neben der elektrischen Wechselwirkung noch van-der-Waals- und andere Wechselwirkungen, und trägt das Lösungsmittel Wasser durch seine komplexe Struktur zu einer Vielzahl von hier nicht angesprochenen Phänomenen bei (dem die Wahl einer homogenen Dielektrizitätskonstante schwerlich Rechnung trägt). Quanteneffekte kommen auf kleinen Längenskalen ins Spiel. Die hier vorgestellten Modelle sind also extreme Vereinfachungen, die natürlich im Wechselspiel mit neuen experimentellen Erkenntnissen verfeinert werden müssen.

ROLAND NETZ

- [1] M. Dubois et al., J. Chem. Phys. **108**, 7855 (1998)
- [2] A. G. Moreira und R. R. Netz, Phys. Rev. Lett. **87**, 078301 (2001)
- [3] G. C. L. Wong et al., Phys. Rev. Lett. **91**, 018103 (2003)
- [4] J. C. Butler et al., Phys. Rev. Lett. **91**, 028301 (2003)
- [5] R. R. Netz, Phys. Rev. Lett. **91**, 138101 (2003)

Beutefang durch Wellenformanalyse

Der Frosch *Xenopus* ist ein nachtaktiver Jäger, der unter Wasser nur schlecht sieht und sich mithilfe des sog. Seitenlinienorgans orientiert. Dieses Organ besteht aus mehreren tausend Sensoren auf der Haut, die den lokalen Wasserdruck detektieren. Eine Kollaboration um den Münchner Physiker Leo van Hemmen hat nun gezeigt, wie *Xenopus* und andere



Amphibien mithilfe dieser Sensoren Beutetiere orten können. Ein relativ einfacher neuronaler Algorithmus zur Rekonstruktion der Wellenform ist demnach in der Lage, aus den Sensorsignalen die Richtung zu bestimmen, in der sich z. B. ein Insekt auf der Wasseroberfläche aufhält.

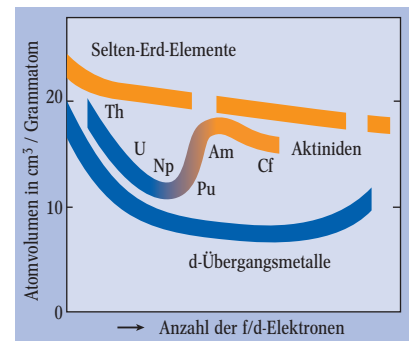
J.-M. P. Franosch et al., Phys. Rev. Lett. **91**, 158101 (2003)

Die andere Seite von Plutonium

Erst 60 Jahre nach der Entdeckung des in Verbindung mit Kernwaffen bekannten Elements kommt das Verständnis seiner Festkörpereigenschaften voran.

Das Element Plutonium ist in der Öffentlichkeit bestens bekannt. Berühmt und berüchtigt ist es wegen seiner nuklearen Eigenschaften: Plutonium ist ein Alpha-Strahler und daher radiotoxisch. Da es sich mit Neutronen spalten lässt, wird es in Kernwaffen eingesetzt.

Aber Plutonium hat auch ein anderes, „freundlicheres“ Gesicht. Seinem Platz im Periodensystem verdankt es außergewöhnliche elektronische Eigenschaften, die sich auch 60 Jahre nach ihrer Entdeckung



Während das Atomvolumen bei den Seltene-Erd-Elementen nur wenig von der Anzahl der 4f-Elektronen abhängt, weisen die Übergangsmetalle mit ihren d-Elektronen einen parabolischen Verlauf auf. Die Aktiniden (5f-Elemente) weisen ein intermediäres Verhalten auf, das sich zwischen Pu und Am stark ändert.

immer noch einer überzeugenden Erklärung entziehen. Zwei kürzlich erschienene Arbeiten, eine theoretische [1] und eine experimentelle [2], liefern nun neue Einsichten in die elementaren Anregungen des Festkörpers, die Eigenschwingungen der Atome, ein Aspekt von Plutonium, dem bislang keine Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

Plutonium steht mitten in der Reihe der Aktinide, in der die Schale der 5f-Elektronen sukzessive aufgefüllt wird. Bei den ersten Elementen dieser Reihe tragen die 5f-Elektronen zur Bindung zwischen den Atomen bei. Daher nimmt das Atomvolumen mit steigender Anzahl an f-Elektronen ab, ähnlich wie dies bei den Übergangsmetallen mit den d-Elektronen der Fall ist. Im Gegensatz hierzu weisen Americium und die schwereren Aktiniden