

Nobelpreise 2003

Nobelpreis für Physik 2003: Supraleitung und Suprafluidität

Alexei A. Abrikosov, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA,

Vitaly L. Ginzburg, P.N. Lebedev Physical Institute, Moscow, Russia,

Anthony J. Leggett, University of Illinois, Urbana, Illinois, USA.

Der diesjährige Nobelpreis in Physik zeichnet drei Forscher aus, die entscheidende Arbeiten über zwei quantenphysikalische Phänomene ausgeführt haben: Supraleitung und Suprafluidität. Supraleitendes Material wird z. B. in Kernspintomographen für medizinische Untersuchungen und in Teilchenbeschleunigern in der Physik verwendet. Kenntnisse über suprafluide Flüssigkeiten können uns vertiefende Einsichten darüber geben, wie die Materie in ihrem niedrigsten und meistgeordneten Energiezustand auftritt.

Bei niedrigen Temperaturen (einige Grade über dem absoluten Nullpunkt) verlieren gewisse Metalle ihren elektrischen Widerstand. Dies wurde 1911 erstmalig bei Quecksilber von Heike Kamerlingh Onnes gefunden, der 1913 dafür den Nobelpreis erhielt. Derartige supraleitende Materialien haben darüber hinaus die Eigenschaft, den Magnetfluss ganz oder teilweise zu verdrängen. Diejenigen, die den Magnetfluss ganz verdrängen, werden als Typ I-Supraleiter bezeichnet. John Bardeen, Leon Cooper und Robert Schrieffer entwickelten dafür die BCS-Theorie, die 1972 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Nach der BCS-Theorie verhalten sich Paare von Elektronen mit entgegengesetztem Spin wie Bosonen, sie bilden durch ihre Korrelation "Quasi-Teilchen" mit Gesamtspin Null, so dass sie nicht durch das Pauliverbot gehindert werden, durch Bose-Einstein-Kondensation in einen makroskopischen Quantenzustand überzugehen. Diese Theorie erwies sich jedoch zur Erklärung der Supraleitung in den technisch wichtigsten Materialien als unzureichend. Diese so genannten Typ II-Supraleiter lassen Supraleitung und Magnetismus zusammen existieren und bleiben in hohen Magnetfeldern supraleitend. Alexei Abrikosov gelang die theoretische Erklärung dieses Phänomens. Er ging von einer Theorie aus, die von u. a. Vitaly Ginzburg und L. D. Landau für Typ I-Supraleiter ausgearbeitet worden war, sich aber als so umfassend erwies, dass sie auch auf den neuen Typ anwendbar war. Obwohl die Theorien schon in den 50er Jahren formuliert wurden, haben sie durch die Entwicklung von Materialien mit ganz neuen Eigenschaften neue Aktualität erhalten. Nun können diese bei immer höheren Temperaturen und stärkeren Magnetfeldern supraleitend gemacht werden.

Flüssiges Helium kann suprafluid werden, d. h. die Viskosität verschwindet bei niedrigen Temperaturen. Für He-4 entdeckte dies Pjotr Kapitza 1938 (Nobelpreis 1978). He-4 enthalten im Kern 2 Protonen und 2 Neutronen, in der Hülle 2 Elektronen. Der gesamte Spin von He-4-Atomen ist Null, diese Atome

sind daher Bosonen und können ein Bose-Einstein-Kondensat bilden. Die Suprafluidität des seltenen Isotops He-3 wurde 1972 von Lee, Osheroff und Richardson entdeckt, was ihnen im Jahr 1996 den Nobelpreis bescherte.

He-3-Atome müssen analog zu den Elektronenpaaren in metallischen Supraleitern Paare bilden, um in den suprafluiden Zustand übergehen zu können. Anthony Leggett formulierte 1972 erfolgreich eine Theorie, wie die He-3-Atome in dem suprafluiden Zustand wechselwirken und geordnet werden. Im Unterschied zu den BCS-Elektronenpaaren der Supraleitung bilden die He-3-Atome Paare mit parallelem Spin, aber auch der Bahndrehimpuls zeichnet nun eine Richtung aus. Die Rotationssymmetrie der Kräfte ist im physikalischen Zustand nicht realisiert, dieser zeigt mehrfache "spontane Symmetriebrechung", was zu neuen Eigenschaften der Suprafluidität führt. Diese "anisotrope" Suprafluidität ist auch für die sog. Hochtemperatur-Supraleiter relevant, darüber hinaus für das Verständnis von komplexen Phasenübergängen in der Physik von Flüssigkristallen oder auch in der Kosmologie.

Der Nobelpreis für Medizin 2003: Entdeckungen zur Abbildung mit Magnetresonanz

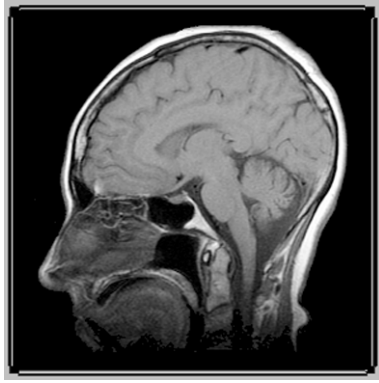
Paul C Lauterbur und *Peter Mansfield*

Die Abbildung menschlicher innerer Organe mit genauen, jedoch nicht-invasiven Methoden ist für die medizinische Diagnose, Behandlung und Kontrolle von hoher Bedeutung. Die Magnetresonanz-Methode hat in der Medizin eine Revolution bedeutet.

Die Magnetresonanz-Methode beruht darauf, dass Atomkerne im Magnetfeld mit einer Frequenz präzessieren, die von der Stärke des angelegten Feldes abhängig ist. Durch Einstrahlung von Radiowellen mit geeigneter Frequenz werden sie zu Resonanzstrahlung angeregt. Die Grundlagen dieser Technik wurden bereits 1952 durch die Verleihung des Nobelpreises an Bloch und Purcell ausgezeichnet. Die Weiterentwicklung für die medizinische Diagnostik verdanken wir den heurigen Preisträgern.

Paul Lauterbur (geb. 1929), Urbana, Illinois, USA, führte räumlich variierende Magnetfelder ein, um zweidimensionale Bilder von Querschnitten durch das Untersuchungsobjekt zu erhalten. Es ist eine Ironie des Schicksals, dass die renommierte Zeitschrift *Nature* 1973 seine Arbeit zunächst nicht publizieren wollte.

Peter Mansfield (geb. 1933), Nottingham, England, entwickelte die Technik durch sehr schnelle Gradientenänderungen weiter und fand, wie das Resonanzsignal mathematisch analy-



siert und zu einem Computer generierten Bild zusammen gesetzt werden kann.

Untersuchungen mit der Magnetresonanz-Methode sind nun Routine in der medizinischen Diagnostik - derzeit etwa 60 Mio. Untersuchungen pro Jahr - und werden stetig weiter entwickelt. Als nicht-invasive Methode hat sie auch das Untersuchungsrisiko vermindert.

Wasserstoff-Atome als Kreisel

Wasser trägt etwa 2/3 zu unserer Körpermasse bei, und dieser hohe, aber in den einzelnen Organen unterschiedliche Wassergehalt erklärt die Präzision der Methode, da krankhafte Veränderungen in der Regel auch einen veränderten Wassergehalt bedeuten.

Die Wasserstoff-Kerne in Wasser und anderen Molekülen verhalten sich in einem Magnetfeld ähnlich wie Kompassnadeln, ihre Kernspins ordnen sich parallel zum Magnetfeld. Durch gepulste Radiowellen gelangen sie vorübergehend in einen höheren Energiezustand, aus dem sie durch Abstrahlung wieder in den Grundzustand zurückkehren. Mit Computerverfahren gelingt ein dreidimensionales Bild, das die chemische Struktur des Gewebes wiedergibt.

Bereits zweimal wurden Entwicklungen zur Kernresonanzmethode mit Chemie-Nobelpreisen honoriert. Im Jahr 1991 wurde Richard Ernst für seine Beiträge zur Kernspin-Spektroskopie und im vergangenen Jahr Kurt Wüthrich - beide sind Schweizer - für die Bestimmung der dreidimensionalen Struktur biologischer Makromoleküle ausgezeichnet.

Der medizinische Einsatz der Magnetresonanzmethode begann in den 80er Jahren, im Jahr 2002 wurden mit etwa 22000 Geräten rund 60 Mio Untersuchungen durchgeführt. Als großer Vorteil ist das Fehlen schädlicher Nebenwirkungen anzusehen im Gegensatz zu Röntgenuntersuchungen. Lediglich Patienten mit Herzschrittmachern oder mit magnetischen Implantaten können wegen der starken Magnetfelder (Supraleitende Magnetspulen im Teslabereich) nicht untersucht werden.

Der Nobelpreis in Chemie 2003: Kanäle in Zellmembranen

Peter Agre, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, U.S.A.

Roderick MacKinnon, Howard Hughes Medical Institute, The Rockefeller University, New York, U.S.A.

Molekulare Kanäle gewähren uns Einblick in die Chemie der Zelle

Wir Menschen bestehen zu ungefähr 70 % aus Salzwasser. Der diesjährige Nobelpreis in Chemie zeichnet zwei Forscher aus, deren Entdeckungen aufgeklärt haben, wie Wasser und Salze (Ionen) aus den Zellen des Körpers heraus und in sie hinein transportiert werden. Die Entdeckungen geben uns einen fundamentalen molekularen Einblick darin, wie z. B. die Niere Wasser aus dem Primärurin zurückgewinnt und wie die elektrischen Signale in unseren Nervenzellen erzeugt und transportiert werden. Dieses hat große Bedeutung für unser Verständnis über eine Reihe von Krankheiten in z. B. Niere, Herz, Muskeln und Nervensystem.

Dass die Zellen des Körpers spezifische Kanäle für den Transport von Wasser besitzen müssten, ahnte man schon zu Mitte des 19. Jahrhunderts, aber erst 1988 gelang es Peter Agre, ein Membranprotein zu isolieren, von dem er gut ein Jahr später erkannte, dass dieses der lange gesuchte Wasserkanal sein musste. Diese entscheidende Entdeckung öffnete die Tür zu einer ganzen Reihe von biochemischen, physiologischen und genetischen Studien an Wasserkanälen in Bakterien, Pflanzen und Säugetieren. Heute können die Forscher einem Wassermolekül auf seinem Weg durch die Zellmembran im Detail folgen und verstehen, warum nur Wasser, aber keine anderen kleinen Moleküle oder Ionen hindurchdringen können.

Der andere Typ von Membrankanal, der dieses Jahr Beachtung findet, sind die Ionenkanäle. Roderick MacKinnon setzte die ganze Forscherwelt in Erstaunen, als es ihm im Jahr 1998 gelang, die räumliche Struktur bei einem Kaliumkanal zu bestimmen. Dank dieser Arbeit können wir nun die Ionen durch Kanäle strömen "sehen", die mittels verschiedener Signale in der Zelle geöffnet und geschlossen werden können. Ionenkanäle sind u. a. für die Funktion des Nervensystems und der Muskeln wichtig. Das so genannte Aktionspotential in Nervenzellen wird erzeugt, wenn ein Ionenkanal auf der Oberfläche einer Nervenzelle durch ein chemisches Signal, das von einer nahegelegenen Nervenzelle ausgesendet wird, geöffnet wird, woraufhin sich ein elektrischer Spannungspuls entlang der Nervenzellenoberfläche dadurch fortpflanzt, dass im Verlauf von einigen Millisekunden eine ganze Reihe von Ionenkanälen geöffnet und geschlossen werden.

Der diesjährige Preis illustriert, wie die heutige Biochemie bis auf das atomare Niveau hinabgeht, um im Grundsatz die Lebensprozesse zu verstehen.