

■ Topologisch zu neuen Phasen

Der diesjährige Physik-Nobelpreis geht an David J. Thouless, F. Duncan M. Haldane und J. Michael Kosterlitz für die Entdeckung topologischer Phasen und Phasenübergänge.

Um sich dem anspruchsvollen Thema des diesjährigen Nobelpreises anschaulich zu nähern, bemühte Thors Hans Hansson, Mitglied des Nobel-Komitees für Physik, kurzerhand Gebäck: Die Form von Brötchen, Bagels und Brezeln lässt sich durch die Zahl der Löcher (null, eins bzw. zwei) charakterisieren. Mathematisch sind sie topologisch verschieden, denn sie lassen sich nicht unter stetigen Verformungen ineinander umformen. Die mathematische Topologie geht natürlich weit über solche anschaulichen Beispiele hinaus und befasst sich höchst abstrakt mit den Eigenschaften allgemeiner Räume. Die preiswürdigen Arbeiten der drei britischen Physiker, die alle an amerikanischen Universitäten forschen, befassen sich mit der Anwendung der Topologie auf physikalische Systeme: David J. Thouless erhält den diesjährigen Nobelpreis zur Hälfte und F. Duncan M. Haldane und J. Michael Kosterlitz zu je einem Viertel „für die theoretische Entdeckung von topologischen Phasenübergängen und topologischen Phasen von Materie“.

Phasenübergänge lassen sich üblicherweise mit Symmetriebrechungen charakterisieren. Wenn beispielsweise Wasser gefriert, bricht die Kristallstruktur des Eises



Der 1934 in Schottland geborene David J. Thouless (oben links) promovierte 1956 an der Cornell University bei Hans Bethe. J. Michael Kosterlitz (geboren 1942, oben rechts) ist ebenfalls gebürtiger Schotte. Er promovierte 1969 an der Universität Oxford und arbeitete als Postdoc mit Thouless zusammen, als dieser an der Universität Birmingham forschte. Der Brite F. Duncan M. Haldane (links) wurde 1951 geboren und promovierte 1978 in Cambridge. Er ist seit 1990 Professor für Physik an der Princeton University.

die kontinuierliche Rotations- und Translationssymmetrie im flüssigen Wasser. In den frühen 1970er-Jahren konnten Michael Kosterlitz und

David Thouless jedoch in Rechnungen zeigen, dass verschiedene Muster langreichweitiger Wechselwirkungen unterschiedliche Topologien besitzen können. Der Übergang zwischen diesen Mustern definiert eine neue Klasse von „topologischen“ Phasenübergängen. Damit ließ sich beispielsweise erklären, wie dünne Schichten bei tiefen Temperaturen supraleitend oder superfluid werden und wie diese makroskopischen Quantenphänomene bei höheren Temperaturen wieder verschwinden: In der superfluiden bzw. supraleitenden Phase bilden sich enge Paare von Wirbeln, die bei einer kritischen Temperatur auseinanderbrechen. Dies lässt sich als Übergang zwischen topologisch verschiedenen Phasen beschreiben.

In den 1980er-Jahren erklärte Thouless, warum die Leitfähigkeit

KURZGEFASST

■ Forschung online erkunden

Forschungsinfrastrukturen mit deutscher Beteiligung lassen sich jetzt online erkunden. Zunächst zwölf Großprojekte, die das BMBF finanziert, werden in einem neuen Portal vorgestellt: <http://fis-landschaft.de/>

■ Innovationszentrum schaffen

In den kommenden vier Jahren soll mit sieben Millionen Euro vom BMBF und aus der Industrie ein Innovationszentrum für die Energiewende entstehen. Das Zentrum ist rund um die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg angesiedelt und konzentriert sich auf die Nutzung von Windenergie.

■ Chancengleichheit verbessern

Auch die 20. Datenfortschreibung der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz zu Frauen in Wissenschaft und Forschung zeigt, dass es in Deutschland weiterer Anstrengungen bedarf, um die Chancengleichheit zu verbessern. <http://bit.ly/2e9a15n>

■ Daten offen legen

Die Helmholtz-Gemeinschaft baut mit der Helmholtz Data Federation neue Infrastrukturen auf, um Forschungsdaten international leichter zugänglich zu machen. Zudem tritt die Helmholtz-Gemeinschaft der internationalen Initiative „Research Data Alliance“ bei.

in sehr dünnen leitenden Schichten in ganzzahligen Schritten gemessen wird. Er konnte zeigen, dass auch diese ganzzahligen Werte topologischer Natur sind, so wie sich die Anzahl der Löcher bei Brötchen, Bagels und Brezeln nur ganzzahlig ändern kann. Etwa zur selben Zeit entdeckte Duncan Haldane, dass topologische Phasen relevant sind, um die Eigenschaften so genannter Spinketten zu verstehen.

Der diesjährige Nobelpreis an David Thouless, Duncan Haldane und Michael Kosterlitz würdigt insbesondere die große Tragweite ihrer Arbeiten. So gelang es, zahl-

reiche weitere topologische Phasen zu entdecken, etwa topologische Isolatoren: In ihrem Inneren verhalten sie sich wie ein Isolator. Aber sie besitzen eine metallische Oberfläche, auf der Ströme fließen, ohne Energie zu verbrauchen. Die Oberflächenströme erweisen sich dabei als äußerst stabil.

Zu den topologisch besonders interessanten Systemen gehören geometrisch „frustrierte“ Spinsysteme. Hier koppeln Spins über verschiedene Austauschwechselwirkungen, die sich jedoch nicht alle gleichzeitig minimieren lassen. Ein anderes Beispiel sind wirbelartige

Strukturen in der Magnetisierung von Festkörpern („Skyrmionen“).^{#)}

In vieler Hinsicht ist die Erforschung topologischer Phasen noch physikalische Grundlagenforschung. Aber für einige der genannten Beispiele zeichnen sich bereits Anwendungsmöglichkeiten in Spintronik, Supraleitung oder Quanteninformationsverarbeitung ab. Nach dem großen Nutzen für die Physik kann sich der „größte Nutzen für die Menschheit“ noch einstellen, für den die Preise Alfred Nobels gedacht waren.

Alexander Pawlak

^{#)} siehe auch Physik Journal August/September 2016, S. 47, Oktober 2015, S. 19, August/September 2015, S. 65 und April 2015, S. 39.

Startschuss für die Startphase

Die 3,4 Kilometer lange unterirdische Anlage des Röntgenlasers European XFEL kann in Betrieb gehen.

Der European XFEL soll ab 2017 im wahrsten Sinne des Wortes neues Licht in den Nanokosmos werfen: Die extrem kurzen und hellen Röntgenlichtblitze werden unter anderem Einblicke in Strukturen komplexer Moleküle und den Ablauf chemischer Reaktionen ermöglichen. Am 6. Oktober konnten die Verantwortlichen des Projekts einen wichtigen Meilenstein feiern: Nach sechs Jahren Bauzeit sind alle für die erste Betriebsphase erforderlichen Teile des komplexen Röntgenlasers montiert.¹⁾ „Der European XFEL ist voller Superlative“, betonte DESY-Direktor Helmut Dosch im Rahmen der Feier, die am Standort Schenefeld in Schleswig-Holstein stattfand.

96 supraleitende Beschleunigerstufen bringen die Elektronen auf eine Energie von bis zu 17,5 Milliarden Elektronenvolt. 800 Magnete halten sie auf ihrer Bahn, auf der es insgesamt 20 000 Vakuumverbindungen gibt, die von 200 000 Hightech-Schrauben zusammengehalten werden. Mit dem symbolischen Festzurren der letzten fünf Schrauben kann nun die Inbetriebnahme der Anlage beginnen. „Dies ist ein unglaublicher Erfolg“, freute sich der dänische Physiker Martin Meedom Nielsen, Vorsitzender des European XFEL Council.



Beatrix Vierkorn-Rudolph vom BMBF, Katharina Fegebank, Hamburgs Zweite Bürgermeisterin, Massimo Altarelli, Geschäftsführer der European XFEL GmbH, Piotr Dardziński, polnischer stellvertre-

tender Minister für Wissenschaft und Bildung, und Helmut Dosch (von rechts nach links), Vorsitzender des DESY-Direktoriums, drehten die letzten Schrauben fest.

An dem rund 1,2 Milliarden Euro teuren Röntgenlaser sind elf europäische Länder beteiligt. Als Sitzland trägt Deutschland über den Bund sowie die Länder Hamburg und Schleswig-Holstein 58 Prozent der Baukosten. Russland übernimmt 27 Prozent und die anderen internationalen Partner zwischen einem und drei Prozent. Hauptgesellschafter der European XFEL GmbH ist das Deutsche

Elektronen-Synchrotron DESY in Hamburg.

Die Komplexität des European XFEL machte nicht nur beim Aufbau innovative technische Lösungen notwendig, sondern erfordert auch eine aufwändige Inbetriebnahme. So werden Wissenschaftler des DESY zunächst den 1,7 Kilometer langen supraleitenden Elektronen-Beschleuniger schrittweise auf die Betriebstemperatur

¹⁾ Zu weiteren Meilensteinen siehe Physik Journal, Februar 2016, S. 10, Juli 2013, S. 11 und Aug./Sept. 2011, S. 6