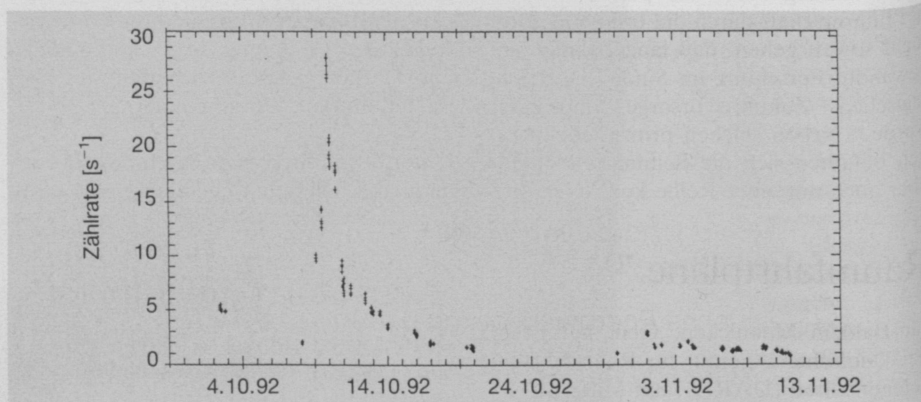


ROSAT beobachtet Rekordflare

Wissenschaftlern am MPI für extraterrestrische Physik in Garching gelang mit dem Röntgensatelliten ROSAT die Beobachtung des bisher längsten stellaren Flare-Ereignisses. Martin Kürster und Jürgen Schmitt fanden diesen Strahlungsausbruch während einer Beobachtung des aktiven Doppelsternsystems CF Tucanae im südlichen Sternbild Tukan.

Innerhalb von eineinhalb Tagen stieg die Röntgen-Helligkeit des 176 Lichtjahre entfernten Systems um das vierzehnfache an, um danach langsam wieder abzufallen. Erst nach neun Tagen erreichte CF Tucanae wieder seine ursprüngliche Helligkeit (vgl. die Abb.). Mit seiner langen Dauer stellt dieser Ausbruch alle bekannten Flares auf der Sonne oder anderen Sternen, die gewöhnlich nur wenige Stunden bis einen Tag dauern, in den Schatten. Auch die totale Energieproduktion ist rekordverdächtig: Etwa 750 000 mal intensiver als starke Sonnenflares, strahlte die Eruption allein im niederenergetischen Röntgen-Bereich, in dem ROSAT beobachtet (bei Wellenlängen zwischen 5 und 120 Å), eine Energiemenge ab ($7,8 \times 10^{36}$ erg), die der von der Erde in 140 000 Jahren empfangenen gesamten Sonneneinstrahlung entspricht. Dabei heizte sich das von starken Magnetfeldern über der Sternoberfläche gehaltene Gas, in dem sich der Ausbruch ereignete, auf bis zu 70



Millionen Grad auf. Bei diesen Temperaturen wird die meiste Energie bei kürzeren Wellenlängen freigesetzt, auf die die ROSAT-Instrumente nicht empfindlich sind. Damit dürfte es sich um das stärkste je beobachtete Flare-Ereignis handeln.

Besonders interessant ist die ungewöhnlich lange Dauer des Flares auch wegen der kurzen Umlaufzeit des Doppelsternsystems von 2,8 Tagen. Während des Ereignisses umkreisen die beiden Sterne einander mehr als dreimal, wobei sie sich gegenseitig immer wieder zum Teil abdecken. Wie der Mond der Erde kehren beide Sterne einander stets dieselbe Seite zu, so daß sie sich pro Umlauf auch einmal um ihre eigene Achse drehen. Wenn man von Sonnenflares ausgeht, bei denen

nur kompakte Gasmassen in geringer Höhe über der Oberfläche betroffen sind, so sollte man im Fall von CF Tucanae erwarten, daß Rotation und Bedeckungen die aktive Region zeitweise verschwinden lassen, wodurch die beobachtete Röntgenstrahlung alle 2,8 Tage zurückgehen sollte. Dies ist jedoch nicht der Fall, was dafür spricht, daß der Ausbruch – anders als Sonnenflares – ein sehr ausgedehntes Gebiet um den aktiven Stern herum erfaßte. Alternativ dazu könnte sich die Eruption auch in der Nähe des sichtbaren Pols ereignet haben, der keiner Abdeckung unterliegt. Auch das wäre ein Unterschied zur Sonne, bei der die Polregionen kaum aktiv sind.

M. Kürster, Garching

Gebrochenzahliger Quanten-Hall-Effekt: Flippern mit „Composite Fermions“

Neue Teilchen, „Composite Fermions“ genannt, bereichern neuerdings die Physik. Schon in der Vergangenheit führte die Untersuchung der elektrischen Transporteigenschaften von zweidimensionalen Elektronengasen im starken transversalen Magnetfeld zu so überraschenden Entdeckungen wie dem ganzzahligen und dem gebrochenzahligen Quanten-Hall-Effekt (IQHE bzw. FQHE): Der Widerstand R , gemessen bei tiefsten Temperaturen als Funktion des Magnetfeldes B (siehe Abb. 1), verschwindet immer dann, wenn die Zahl der Flußquanten Φ/Φ_0 , die durch das zweidimensionale Elektronengas dringen, gleich N/ν ist, d. h. der Anzahl der Elektronen dividiert durch bestimmte Füllfaktoren ν . Der oszillierende Widerstand (Shubnikov-de-Haas-Oszillationen) bei ganzzahligem ν (IQHE) ist eine Folge der Landau-Quantisierung: Die Kreisbewegung der Elektronen im Magnetfeld ist quantisiert, und die Elektronen besetzen diskrete Energieniveaus, wobei ν die Zahl der besetzten

Landau-Niveaus angibt. Ist der IQHE eine Folge des Energiespektrums *wechselwirkungsfreier* Elektronen, so sind die Nullstellen im Widerstand (und die quantisierten Hall-Plateaus) bei nicht ganzzahligem ν nur durch die elektrische Wechselwirkung der Elektronen untereinander zu verstehen. Die Elektronen kondensieren bei diesen Füllfaktoren in einen flüssigkeitsähnlichen Zustand, der durch eine Energielücke von den angeregten Zuständen getrennt ist. Dieses Elektronenkondensat wird bislang mit der Laughlinschen Vielteilchen-Wellenfunktion (für $\nu = 1/3, 1/5, 1/7, \dots$) und den daraus abgeleiteten „Tochterzuständen“ beschrieben.

Dies war der Stand bevor der Yale-Physiker J. K. Jain 1989 ein verblüffend anschauliches Modell entwickelte, in dem FQHE und IQHE äquivalent, die involvierenden Teilchen aber unterschiedlich sind [Phys. Rev. Lett. **63**, 199 (1989)]. Durch mathematische Zauberei gelang es ihm, die bei hohen Magnetfeldern stark wech-

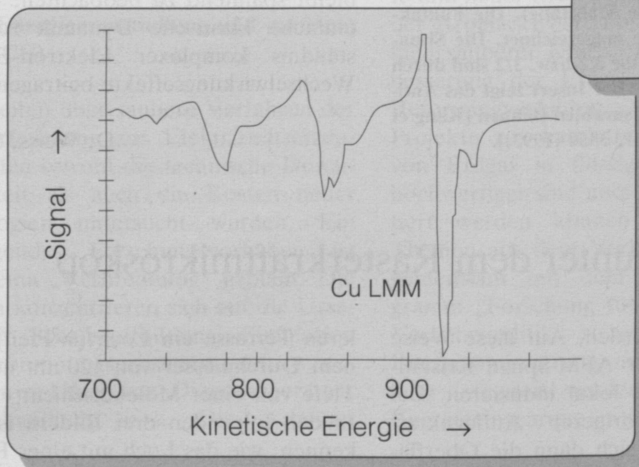
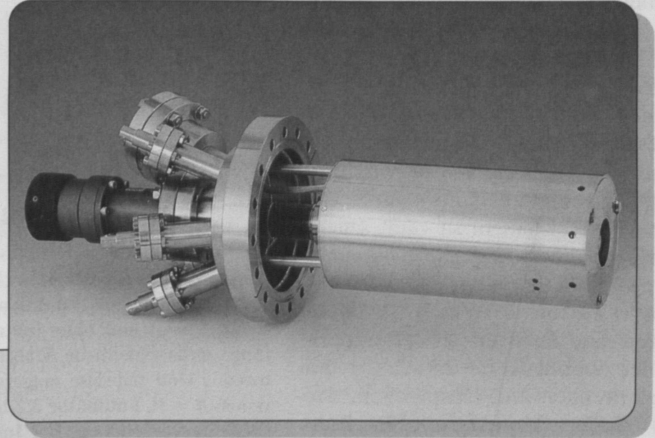
selwirkenden Elektronen in schwach wechselwirkende neue Teilchen, bestehend aus einem Elektron und zwei „angehängten“ Flußquanten Φ_0 , zu verwandeln – das „Composite Fermion“ war geboren. Da bei Füllfaktor $\nu = 1/2$ gerade zwei Flußquanten auf ein Elektron kommen, verspürt dieses neue Teilchen bei diesem Magnetfeld $B_{1/2}$ ein *verschwindendes effektives* Feld, $B_{\text{eff}} = 0$. Im Experiment verschwinden gerade dann die Quantenoszillationen, und das System verhält sich wie ein Metall bei kleinen Magnetfeldern. Die mit zunehmender Entfernung von $\nu = 1/2$, also wachsendem effektiven Magnetfeld $B_{\text{eff}} = |B - B_{1/2}|$, beginnenden Oszillationen (FQHE) sind die *Shubnikov-de-Haas-Oszillationen der „Composite Fermions“*.

Sind diese Teilchen nur ein mathematisches Konstrukt oder existieren sie real? Sie müßten dann einer quasi-klassischen Dynamik gehorchen, ähnlich wie Elektronen bei $B = 0$. Danach suchte die Gruppe

CMA 100

Zylinderspiegel-Auger-Analysator

- ▶ Übertreffendes Signal/Rauschverhältnis
- ▶ Typische Energieauflösung 0,4%
- ▶ Einzigartige interne Linearverstellung
- ▶ Zwei Betriebsmodi (Analog- und Zählbetrieb)



Kupfer Auger-Spektrum mit einem Signal/Rauschverhältnis von 400:1



OMICRON VAKUUMPHYSIK GmbH

Idsteiner Str. 78 • D-65232 Taunusstein • Deutschland • Tel. +49 (0) 61 28 / 7 30 44 • Fax +49 (0) 61 28 / 7 35 96

Radiant Dyes Laser Accessories GmbH



- * Excimerlaser
- * Farbstofflaser (CW und gepulst)
- * Komplettsysteme
- * Umfangreiches Laserzubehör
- * Nd-YAG-Laser
- * Energiemessung

Radiant Dyes Laser Accessories, 42907 Wermelskirchen, Postf. 1462, Tel. 02196/81061 + 92685, Fax: -/3422

um Horst Störmer bei AT&T [Phys. Rev. Lett. 71, 3850 (1993)]. Prädestiniert für eine solche Suche sind Antidot-Übergitter, die aus einer periodischen Anordnung von mikroskopisch kleinen Löchern bestehen, die durch das zweidimensionale Elektronengas geätzt werden. Elektronen in diesem System bewegen sich wie Kugeln in einem Flipperautomaten; die Antidots stellen kreisförmige Potentialbarrieren dar, zwischen denen die Elektronen chaotisch hin und her gestreut werden. In vorangehenden Experimenten mit Elektronen, durchgeführt am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart, zeigten sich nahe $B = 0$ Resonanzen im Widerstand immer dann, wenn das Magnetfeld die Elektronen auf (nicht quantisierte) Bahnen um eine bestimmte Anzahl von Antidots zwingt [Weiss et al., Phys. Rev. Lett. 66, 2790 (1991)]. Diese Resonanzen sind auch im AT&T-Experiment in der oberen Kurve in Abb. 1 um $B = 0$ zu erkennen und entsprechen, wie im Insert skizziert, kommensurablen Bahnen von Elektronen um einen bzw. vier Antidots. Widerstandspeaks fanden Stör-

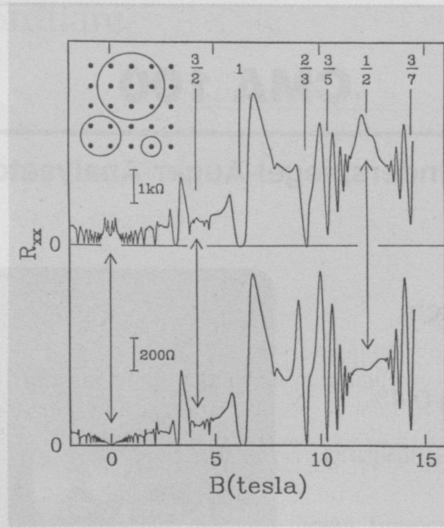


Abb. 1: Widerstand eines zweidimensionalen Elektronengases als Funktion des Magnetfeldes B mit (oben) und ohne (unten) Antidots (Achtung: unterschiedliche Maßstäbe). Die Füllfaktoren ν sind teilweise eingezeichnet. Die Situationen $B = 0$, Füllfaktor $3/2$ bzw. $1/2$ sind durch Pfeile hervorgehoben. Der Insert zeigt das Antidotgitter mit kommensurablen Bahnen [Kang et al. Phys. Rev. Lett. 71, 3850 (1993)].

mer und Mitarbeiter aber auch bei Füllfaktor $1/2$. Die beiden Peaks links und rechts von $\nu = 1/2$, die für verschiedene Gitterkonstanten a gefunden wurden, konnten sie der Bewegung von „Composite Fermions“ um einen Antidot zuordnen. Immer dann, wenn der Zyklotronradius $2R_c$ der „Composites“, der mit dem inversen effektiven Magnetfeld skaliert, um einen Antidot paßt ($2R_c = a$), bleiben auch diese Teilchen in der Nähe kommensurabler Bahnen hängen und erhöhen den Widerstand. Dafür verantwortlich sind hauptsächlich chaotische Teilchenbahnen, wie im Falle von Elektronen von der Gruppe um T. Geisel an der Uni Frankfurt gezeigt wurde [Fleischmann et al., Phys. Rev. Lett. 68, 1367 (1992)]. Die „Composite Fermions“ bei $B = B_{1/2}$ verhalten sich also in vielerlei Hinsicht wie Elektronen bei $B = 0$, und es bleibt spannend zu beobachten, wie weit einfache klassische Dynamik zum Verständnis komplexer Elektron-Elektron-Wechselwirkungseffekte beitragen kann.

D. Weiss, Stuttgart

Wachstum von organischen Kristallen unter dem Rasterkraftmikroskop

In Experimenten an der Universität Bayreuth gelang es, das schichtweise Wachstum von organischen Kristallen unter dem Rasterkraftmikroskop direkt zu beobachten. Dabei wurde die Spitze des Kraftmikroskops als Nano-Werkzeug benutzt, um gezielt an Stufen durch lokale Erhöhung der Auflagekraft auf Werte oberhalb von 10^{-8} N Moleküle aus dem Kristallverbund herauszulösen. Auf diese Weise werden lokal Moleküle für Kristallwachstumsexperimente bereitgestellt. Diese diffundieren auf der Kristalloberfläche und können an Terrassenstufen wieder in das Kristall-

Zeitsequenz von vier Aufnahmen einer Spaltfläche von Einkristallen des Diacetylen TS-6 mit dem Kraftmikroskop. Der Pfeil bezeichnet ein Loch in der mittleren, molekular flachen Terrasse, das mit einer Rate von 60 Molekülen/sec zuwächst.

gitter integriert werden. Auf diese Weise lassen sich mit der AFM-Spitze Kristallwachstumsprozesse lokal induzieren. Bei entsprechend niedrigerer Auflagekraft ($< 5 \cdot 10^{-9}$ N) läßt sich dann die Oberfläche ohne Modifikation durch die Spitze abbilden. Die Experimente wurden unter Umgebungsbedingungen an (100)-Spaltflächen von Einkristallen des Diacetylen TS-6 durchgeführt. Die Abbildung zeigt eine Zeitsequenz von vier aufeinanderfolgenden AFM-Bildern des gleichen $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ Scanfeldes, die in einem zeitlichen Abstand von 100 Sekunden aufgenommen wurden. Auf den Bildern sind molekular flache Terrassen zu erkennen, die durch monomolekulare Stufen (Stufenhöhe $1,30 \pm 0,04$ nm) voneinander getrennt sind. Die höchste Terrasse ist am hellsten, die tiefste am dunkelsten dargestellt. In Bild a) befindet sich in der mitt-

leren Terrasse ein Loch (s. Pfeil) mit einem Durchmesser von 120 nm und einer Tiefe von einer Molekülschicht (1,3 nm). In den folgenden drei Bildern ist zu erkennen, wie das Loch mit einer Rate von ca. 60 Molekülen pro Sekunde zuwächst, während an anderer Stelle die erforderlichen Moleküle abgebaut werden. Auf diese Weise konnten Wachstumsprozesse direkt verfolgt und Wachstumsraten sowie Keimbildungsphänomene und kritische Keimgrößen untersucht werden. Da die Methode nicht von speziellen Probeneigenschaften Gebrauch macht, dürfte sie auch auf andere Molekülkristalle anwendbar sein. Damit könnte sich z. B. das Entstehen und Ausheilen von mikroskopischen Defekten direkt auf lokaler Ebene beobachten lassen.

Th. Schimmel, Bayreuth

