

Hochtemperatur-Supraleitung

«Ich war wie in Trance»

Vor genau 20 Jahren entdeckten Forscher am IBM-Labor Rüschlikon die Hochtemperatur-Supraleitung. Georg Bednorz über seinen wissenschaftlichen Durchbruch und die Verleihung des Nobelpreises 1987

NZZ am Sonntag: Waren Sie überrascht, als im Oktober 1987 der Anruf aus Stockholm kam?

Georg Bednorz: Ja, absolut. Vor allem die Schnelligkeit, mit der unsere Arbeit in der Wissenschaftswelt Resonanz gefunden hatte, war ungewöhnlich – und dann noch die Reaktion des Nobelkomitees.

Aber es war doch ein enormer Durchbruch: Zuvor war die widerstandslose Stromleitung nur bei tiefen Temperaturen unterhalb von 23 Grad über dem absoluten Nullpunkt (23 Kelvin oder $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$) bekannt, und Sie beobachteten den gleichen Effekt nun bei «warmen» 35 Kelvin ($-237\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Nicht nur der Sprung auf 35 Kelvin war eine Sensation, sondern mehr noch die Beobachtung der Supraleitung in einem Oxid, einer Materialklasse, die elektrischen Strom normalerweise überhaupt nicht leitet. Plötzlich wurden aus diesen Isolatoren die besten elektrischen Leiter überhaupt.

Andere Forscher suchten jahrzehntelang unter Metallen nach neuen Supraleitern – Alex Müller und Sie erforschten Oxidkeramiken. Sie sollen deshalb damals sehr isoliert gewesen sein?

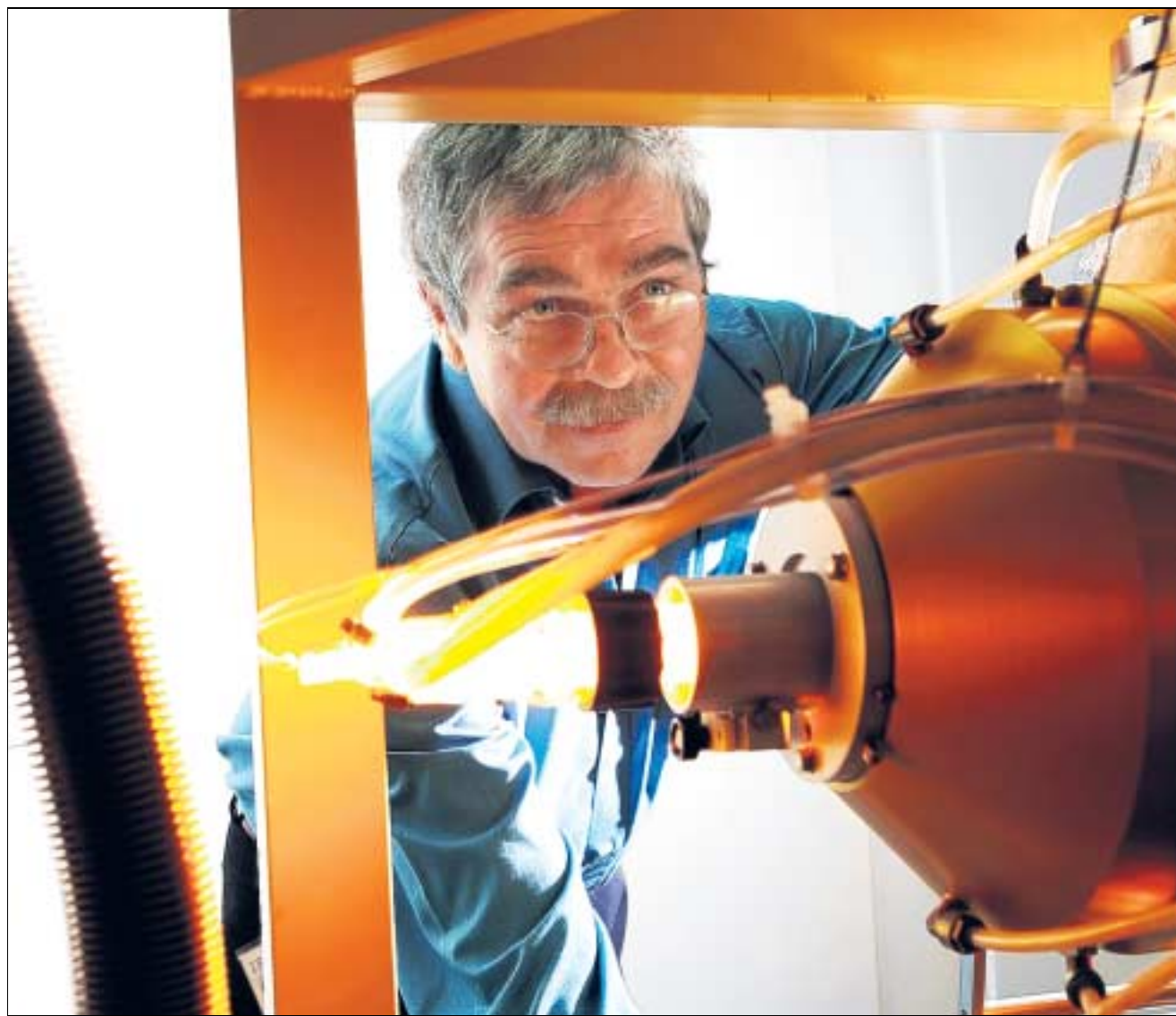
Diese Isolation war selbst gewählt. Wir verfolgten mit unserem Ansatz aussergewöhnliche Ideen, die sicher als absurd angesehen worden wären. Dem wollten wir uns nicht aussetzen, solange wir uns nicht sicher waren. Bis 1986 war nicht klar, ob unser Traum jemals Realität werden könnte.

Nach langer Durststrecke stiessen Sie dann Ende 1985 auf eine Publikation von drei Franzosen.

Ja, das war ein Heureka-Erlebnis. Ich habe sofort realisiert, was der Fehler in unseren Überlegungen gewesen war. Am gleichen Tag noch synthetisierten wir eine neue Substanz. Bei der ersten Messung, brach dann bei $-262\text{ }^{\circ}\text{C}$ der elektrische Widerstand um 50 Prozent ein. Obwohl das nur ein kleiner Hinweis auf Supraleitung war, wurde mir sehr wohl dabei! Das habe ich dann entspannt mit einem Bier gefeiert. Manchmal habe ich eben eine gute Nase.

Mit diesem Kupferoxid erreichten Sie dann schnell Supraleitung.

Ja, innerhalb von nur zwei Wochen hatten wir die chemische Zusammensetzung optimiert.



Georg Bednorz in seinem Labor in Rüschlikon. (Ursula Meisser)

Wo waren Sie, als Sie von Ihrem Nobelpreis erfuhren?

Im Labor bei der Arbeit, ungeachtet der vielen Medienvertreter. Die hatten alle Hotels rund um Rüschlikon aus-

München – Rüschlikon

Der deutsche Wissenschaftler ist seit 1982 am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon tätig. Er studierte in Münster Chemie, wechselte dort zur Kristallographie und promovierte 1982 an der ETH Zürich. Mit dem Schweizer Physiker Alex Müller begann Bednorz 1983 die Suche nach Hochtemperatur-Supraleitern. 1987 teilten sich beide den Nobelpreis für Physik.

gebucht, weil sie einfach auf uns spekulierten.

Wie erlebt man die Verleihung des Nobelpreises, wenn man selbst im Zentrum steht?

Ich war wie in Trance und habe das alles gar nicht so mitgekriegt. Später wurde ich häufig gefragt, was denn der schwedische König bei der Überreichung der Medaille gesagt habe. Ich konnte mich daran nicht mehr erinnern, anderen Preisträgern aber erging es genauso.

Sind Sie dem König nochmal begegnet?

Ja, beim Dinner auf dem Schloss und bei einem Fototermin mit Eltern

und Ehepartnern. Das war ein ganz spezieller Moment.

Haben Sie mit ihm über Physik gesprochen?

Nein, sicher nicht – er ist auch nicht sehr gesprächig. Aber meine Eltern haben sich ganz angeregt mit der aus Heidelberg stammenden Königin unterhalten.

Welcher der damaligen Preisträger hat Sie denn am meisten beeindruckt?

Donald Cram, einer der Chemie-Nobelpreisträger. Er war der Einzige, der den Trubel mit einer erstaunlichen Gelassenheit an sich heran-kommen liess.

Sie erhielten mit nur 37 Jahren die höchsten Ehren, die ein Forscher je erreichen kann. Was hiess das für Sie?

Da kam schon Stress auf. Plötzlich klopfen Hochschulpräsidenten, sogar Ministerpräsidenten an die Tür, um mich anzuheuern.

Sie sind aber am IBM-Lab in Rüschlikon geblieben. Warum?

Hier lebt es sich mit einer solchen Ehrung sehr gut, ich wurde rasch zum IBM-Fellow. Das gibt gewisse Freiheiten in der Forschung – eine Art Sonderbonus. Ausserdem hat mir die Schweiz von Beginn an gut gefallen.

Sie nahmen sich dann die Freiheit, nicht mehr an der Hochtemperatur-Supraleitung zu forschen. Warum?

In der Grundlagenforschung arbeiten wir hier in kleinen Gruppen, stets bereit, Neuland zu betreten. Ab 1987 waren plötzlich Tausende von Forschern auf dem Gebiet tätig, so dass man nur einer unter vielen gewesen wäre. Mich aber faszinieren das Unbekannte und die Möglichkeit, neue Trends zu setzen.

Verfolgen Sie heute noch, was auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Supraleitung passiert?

Ja, aber aus der Distanz. Alex Müller ist dagegen auf dem Gebiet noch sehr aktiv.

Anfang der 1990er Jahre gab es ja eine grosse Euphorie über rasche Anwendungen der Hochtemperatur-Supraleiter, dann wurde es stiller. Sehen Sie die Entwicklung trotzdem optimistisch?

Aber sicher. In aller Stille hat die Technologie riesige Fortschritte gemacht. In Japan fuhr kürzlich der erste Test-Magnetschwebezug mit Spulen aus Hochtemperatur-Supraleitern. Das Potenzial ist da, auch in verschiedenen Bereichen der Energietechnik. Nur fehlt dort noch die Akzeptanz. Dafür muss uns bei der Energieversorgung wohl erst das Wasser bis zum Hals reichen. Die Entwicklung bis zu den technisch reifen supraleitenden Stromkabeln von heute erfolgte recht zügig. Die Halbleitertechnologie hat ja auch vom ersten Transistor bis zum hoch integrierten Speicherchip Jahrzehnte gebraucht. Es wird keine zwanzig Jahre mehr dauern, bis Hochtemperatur-Supraleiter in der Technik eine wichtige Rolle spielen. Interview: Roland Wengenmayr

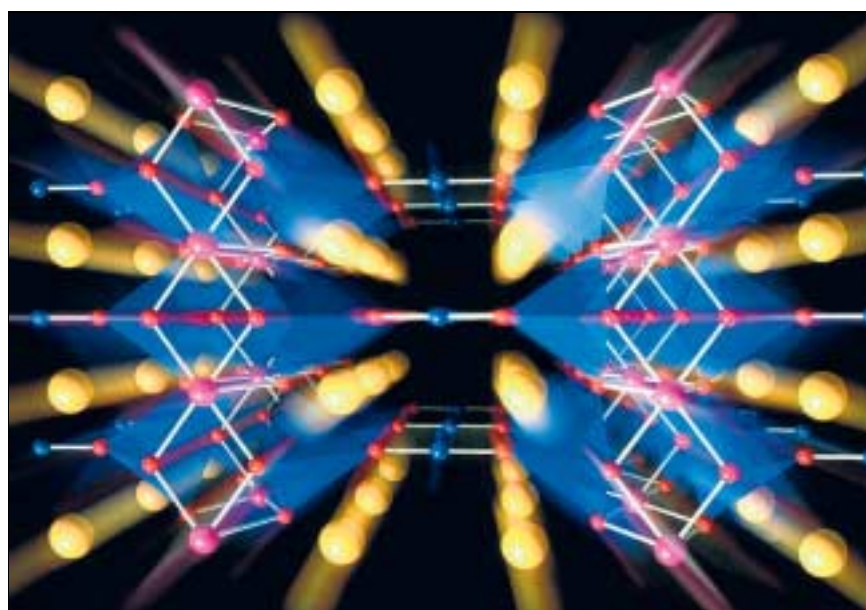
Ein bis heute rätselhaftes Phänomen

Kaum ein anderes Phänomen hat den Physikern ein solches Wechselbad von Euphorie und Ernüchterung beschert wie die Supraleitung, die widerstandslose Leitung von elektrischem Strom. 1911 entdeckte der Niederländer Heike Kamerlingh Onnes diesen Effekt. Der Pionier träumte bereits von einem supraleitenden Elektrizitätsnetz, das Strom ohne Verluste transportiert.

Doch technische Anwendungen mussten damals schon daran scheitern, dass alle bekannten Supraleiter keine starken elektrischen Ströme verkrafteten. Denn Ströme erzeugen Magnetfelder, die wiederum die supraleitenden Eigenschaften zunichte machen.

Dieses Problem überwand erst die in den 1950er Jahren entdeckten Typ-II-Supraleiter. Doch auch diese erlaubten vorerst noch keine breite technische Anwendung, weil der supraleitende Effekt nur bei sehr tiefen Temperaturen auftrat und daher die Kühlung der Materialien zu aufwendig war. Selbst das damalige Rekordmaterial Niob-Germanium wurde bei mickrigen 23 Kelvin ($-250\text{ }^{\circ}\text{C}$) supraleitend.

Erst 1986 konnten Georg Bednorz und Alex Müller diese frustrierende Temperaturgrenze durchbrechen. Sie entdeckten, dass bestimmte Metalloxide bei viel höheren Temperaturen supraleitend werden können. Normalerweise sind diese Keramiken allenfalls schlechte elektrische Leiter. Doch Mü-



Modell eines Hochtemperatur-Supraleiters. (SPL)

ller hatte schon länger einen Verdacht gehabt. Ab 1983 ging das Forscherteam diesem gezielt nach. Bednorz stiess schliesslich auf das Barium-Lanthan-Kupferoxid, das im Januar 1986 den Durchbruch brachte. Schnell erreichten die IBM-Physiker damals Supraleitung bei sensationellen 35 Kelvin, 35 Grad über dem absoluten Nullpunkt. Das entspricht zwar immer noch extrem kalten -237 Grad , doch die Entde-

ckung der Supraleitung in einer neuen Materialklasse weckte damals die Hoffnung, dass Supraleiter eventuell auch bei Zimmertemperatur funktionieren könnten.

1987 brach in der weltweiten Physiker-gemeinde eine ungeheure Euphorie aus. Neue Substanzen trieben die sogenannte Sprungtemperatur über die magische Grenze von 77 Kelvin hinaus. Dies ist die Temperatur von bil-

ligem flüssigem Stickstoff. Nach dem wissenschaftlichen schien damit auch dem technischen Durchbruch nichts mehr im Weg zu stehen. Zeitungen meldeten Temperaturrekorde, und einige Forscher wurden zu Medienstars.

Die theoretische Erklärung der Hochtemperatur-Supraleitung machte dagegen sehr viel weniger Fortschritte. Das Modell, dass die Physiker für die klassischen Tieftemperatur-Supraleiter entwickelt haben, scheint jedenfalls bei den neuen Materialien keine Gültigkeit zu haben.

Bis heute streiten die Physiker darüber, welche Kräfte den Elektronen im Supraleiter die besondere Eigenschaft verleiht, widerstandslos durch das Kristallgitter zu wandern. Eine Fraktion von Forschern sieht den entscheidenden Mechanismus in Spin-Wellen. Spins machen Elektronen zu kleinen Magneten, die sich im Kristallgitter gegenseitig beeinflussen können.

Bednorz und Müller halten dagegen spezielle Schwingungen des Kristallgitters für entscheidend. Sie sind überzeugt, dass experimentelle Befunde die zentrale Rolle dieser Bipolaronen stützen werden. Noch ist aber nicht klar, welches Modell zutrifft. Auch zwanzig Jahre nach der Entdeckung des Effekts der Hochtemperatur-Supraleitung suchen die Physiker immer noch nach der Erklärung des ungewöhnlichen Phänomens. Roland Wengenmayr

Der Markt ist zwar klein, aber er wächst

Die spröden Materialeigenschaften der Hochtemperatur-Supraleiter machten den Entwicklern von Kabeln und anderen technischen Komponenten schwer zu schaffen. Inzwischen haben sie jedoch viele technische Probleme gelöst. Fast unbemerkt von der Öffentlichkeit, entwickelt sich ein noch kleiner, aber wachsender Markt.

Neben dem amerikanischen Pionierunternehmen American Superconductor versucht sich dort auch der Elektrokonzern Siemens. Beide Firmen entwickeln Elektromotoren und Generatoren für Schiffe. Mit Wicklungen aus Hochtemperatursupraleiter-Drähten versehen, werden diese Maschinen viel leichter sein als konventionelle und wertvollen Platz sparen.

Auf dem Markt sind mittlerweile auch Starkstromkabel aus Hochtemperatur-Supraleitern. Solche Kabel können bis zu 150-mal mehr Strom transportieren als Kupferkabel, und das ohne Verluste. Noch ist diese Technik teuer. Doch sie könnte vor allem für grössere Städte interessant werden, die nur sehr enge Schächte für Erdkabel zur Verfügung haben.

Noch sind das erst kleine Nischen. Die kommenden zwanzig Jahre werden zeigen, ob sich die Hochtemperatursupraleiter breit durchsetzen können. Roland Wengenmayr