

K. Alex Müller

Nobelpreis für Physik 1987



Nobelpreis für Physik 1987 «für die bahnbrechende Entdeckung von Supraleitung in keramischen Metallen»

* 20. April 1927 in Basel

1962–1970 Privatdozent,

1970–1987 Titularprofessor und

1987–1994 Professor für Festkörperphysik
an der Universität Zürich

Von der Lust, quer zu denken

Zollikon, im Dezember 2014: K. Alex Müller ist ein zufriedener Mann. Der 87-jährige Physiker sitzt vor seinem Laptop und sagt: «Ich glaube, wir haben es verstanden.» Nun ist etwas zu verstehen für einen Physiker an sich schon eine schöne Sache. Doch in diesem Fall bezieht sich das Verständnis auf Müllers Hauptwerk, die

Hochtemperatursupraleitung. Müller ist überzeugt, endlich eine hieb- und stichfeste Erklärung für das Phänomen zu haben, das J. Georg Bednorz und er 28 Jahren zuvor entdeckten: Die Hochtemperatursupraleitung in Kupferoxiden. Damit würde ein jahrzehntelanger wissenschaftlicher Streit aus der Sicht von K. Alex Müller zu einem guten Ende kommen. In Verbindung mit seiner Erklärung eröffnet Müller aber eine neue Debatte über die Verteilung der Materie im Universum. Doch davon später.

Erice, Sizilien, im Sommer 1983: K. Alex Müller sitzt auf einer Bank im Schlosspark und genießt die Aussicht. Während sein Blick in die Ferne schweift, kreisen in seinem Kopf die Gedanken. Eben hat er einen Vortrag von Harry Thomas gehört. Dieser sprach über die mögliche Existenz von Jahn-Teller-Polaronen, das sind «Quasiteilchen», die entstehen, wenn sich Elektronen durch ein Kristallgitter bewegen. Thomas vermutete, diese Polaronen könnten zu Supraleitung führen.

«Während ich so da sass und ins Meer hinausschaute, kam mir der Gedanke, solche Polaronen könnte es in Oxiden geben», erinnert sich K. Alex Müller. Das war insofern ein abwegiger Gedanke, weil Oxide keramische Stoffe sind, die bei Normaltemperatur nur sehr schlecht leiten. Gleichzeitig waren sie Müller sehr vertraut. Er hatte sich mit ihnen sein ganzes Forscherleben lang auseinandergesetzt und dazu grundlegende Beiträge pu-

bliziert. Doch mit der Supraleitung hatte er sich noch nie beschäftigt. – Der Physiker war 56 Jahre alt, als er sich entschloss, noch einmal etwas ganz Neues anzupacken.

Die Vermutung, Oxide könnten unter bestimmten Bedingungen supraleitend werden, hatte Müller schon früher geäußert. Doch niemand nahm ihn ernst. «Genau das motivierte mich. Ich hatte einfach Lust, gegen den Strom zu schwimmen.»

Seine Hartnäckigkeit und die Lust, quer zu denken, verdanke er seiner Kindheit, die nicht einfach war, erzählt Müller. Als Sohn eines Kaufmanns und

K. Alex Müller war 56, als er sich entschloss, etwas ganz Neues anzupacken – die Erforschung der Supraleitung.

Enkel eines Schokoladefabrikanten wuchs Karl Alex zunächst in Lugano auf. Nach dem frühen Tod seiner Mutter – sie starb, als er elf Jahre alt war, erlebte er seine Mittelschulzeit am Internat in Schiers. Die Ferien verbrachte er bei seiner Grossmutter in der Villa Sumatra in Chur. Dort konnte er das karge Internatsleben hinter sich lassen, sich wieder einmal richtig «vollesen», das grossbürgerliche Ambiente genießen und auf Matratzen aus feinstem Rosshaar nächtigen, wie Müller in seinen Erinnerungen schreibt.

In den Jahren 1946–1952 studierte K. Alex Müller an der ETH Zürich Physik. Zu seinen Lehrern gehörten Wolfgang



Pauli und Paul Scherrer. Pauli habe sich bei aller methodischen Präzision immer das Gefühl für die Unwägbarkeit der Natur und der Erkenntnisprozesse erhalten. Müller hat diese Haltung verinnerlicht: «Das Entscheidende in der Wissenschaft geschieht oft ganz unerwartet.» Wie Pauli hat sich Müller schon früh für Psychoanalyse interessiert, insbesondere für die Traumdeutung. «Es waren immer wieder Träume, die mir Vertrauen in mich selbst und den von mir eingeschlagenen Weg gaben», sagt er rückblickend. 1958 promovierte Müller an der ETH Zürich. Im selben Jahr trat er eine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Battelle Memorial Institute in Genf an. Seine Zeit in Genf, wo er fünf Jahre lebte, hat Müller in bester Erinnerung – einerseits wegen des Charmes der Stadt, andererseits wegen der Geburt seiner Tochter Silvia. Sohn Eric war noch in Zürich zur Welt gekommen. Die Familie war und ist K. Alex Müller sehr wichtig. Seine Frau Ingeborg Marie Louise Winkler sei ihm stets Mentorin und Begleiterin gewesen, die massgeblichen Einfluss auf seine Arbeit hatte. Müller hatte sie als Schwester seines Kommilitonen Ulrich Winkler kennen gelernt. Sie liess sich zur Sängerin ausbilden und trat als Solo-Sopranistin in Kirchenkonzerten auf. Die Müllers waren Stammgäste in der Zürcher Oper.

1963 kehrte Müller mit seiner Familie in die Deutschschweiz zurück. Er hatte ein verlockendes Angebot erhalten: Eine Stelle am neuen Forschungslabor der IBM in Rüschlikon mit der Möglichkeit, an der Universität Zürich zu lehren. Noch während seiner Genfer Zeit wurde Müller Privatdozent an der Universität Zürich, 1970 Titularprofessor und 1987, kurz

vor der Auszeichnung mit dem Nobelpreis, Ordentlicher Professor. Nach der Rückkehr aus Genf lebte er zuerst in Affoltern am Albis, später bezog die Familie ihr eigenes Haus in Hedingen, wo Müller bis zum Umzug ins Tertiarium in Zollikon lebte und 1988 zum Ehrenbürger ernannt wurde.

Das Doppelmandat an der Universität Zürich und bei der IBM hat K. Alex Müller willkommenen Spielraum verschafft: «Wenn es bei der IBM nicht so gut lief, war ich mehr an der Uni, und umgekehrt.» Unmut über das Verhalten der IBM brachte Müller dazu, sich wieder vermehrt der Forschung zu

«Es waren immer wieder Träume, die mir Vertrauen in den von mir eingeschlagenen Weg gaben.»

K. Alex Müller

widmen. Das kam so: In den 1970er Jahren war Müller am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon für die Abteilung Physik verantwortlich. Damals entwickelten dort Heinrich Rohrer und Gerd Binnig das Rastertunnelmikroskop, was ihnen 1986 den Nobelpreis einbrachte. Der IBM-Forschungsleiter war von dieser Entdeckung so begeistert, dass er die ganze physikalische Forschung am Rüschlikoner Labor auf die Weiterentwicklung dieses Verfahrens fokussieren wollte. K. Alex Müller war dagegen, weil er andere Projekte für ebenso wichtig hielt, und demissionierte als Abteilungsleiter. Damit hatte er wieder mehr Zeit für die eigene Forschung: «Das war gut so, denn zu forschen war für mich immer das Wichtigste.» Rückblickend war es zweifellos der richtige Entscheid. Er gab K.

Alex Müller die Zeit und die Musse, um Physikgeschichte zu schreiben.

Das tat er jedoch nicht alleine, sondern zusammen mit J. Georg Bednorz. Müllers ehemaliger Doktorand arbeitete zu dieser Zeit auch am IBM-Labor in Rüschlikon. Nach seiner Rückkehr aus Erice zieht Müller Bednorz ins Vertrauen und schlägt ihm vor, das Supraleiter-Projekt gemeinsam anzupacken. Der damals 33-jährige Deutsche macht mit. Sie starten ihr Unterfangen als so genanntes U-Boot. Das heisst, niemand wird darüber informiert. Müller kann auf eigene Faust forschen, weil er als IBM-Fellow das Privileg genießt, zu tun und zu lassen, was er für richtig hält.

Rüschlikon, 27. Januar 1986: Georg Bednorz hat Lanthan-Barium-Kupfer-Oxid «gekocht». Das ist nach drei Jahren harter Arbeit im Labor, achtzig synthetisierten Verbindungen und vielen Rückschlägen der Durchbruch; die Verbindung, die die Supraleiterforschung in ganz neue Bahnen lenkt. Die Sprungtemperatur, bei der dieses Kupferoxid supraleitend wird, liegt bei erstaunlich hohen minus 238 Grad. Das ist eine Sensation. Bednorz und Müller haben den ersten Hochtemperatursupraleiter gefunden. Die Publikation ihrer Entdeckung löst eine Welle der Begeisterung aus, rund um den Globus beginnen Labors mit der neuen Erkenntnis zu arbeiten. Schnell wurden Kupferoxide mit noch höherer Sprungtemperatur gefunden.

Bereits ein Jahr später erhalten Müller und Bednorz den Nobelpreis für Physik. Doch bis heute herrscht ein eigentlicher physikalischer Glaubenskrieg um die theoretische Erklärung des Phänomens. Viele Physiker, vor allem Wissenschaftler aus den USA, sind der Ansicht, der Unterschied zu



herkömmlichen Supraleitern sei so gross, dass es eine völlig neue elektronische Theorie brauche. Im Gegensatz dazu zeigen K. Alex Müller und sein Nachfolger in der Supraleiterforschung an der Universität Zürich, Hugo Keller, dass wie bei den herkömmlichen Supraleitern die Wechselwirkung der Elektronen mit den Schwingungen des Kristallgitters für die Hochtemperatursupraleitung verantwortlich ist. Heute ist K. Alex Müller überzeugt, das endgültig belegt zu haben. Es ist ein Beweis mit einer überraschenden Pointe: Denn wie bei der Supraleitung in Metallen sind so genannte Cooperpaare – in diesem Fall Bipolaronen –

Bis heute herrscht in der Physik ein Glaubenskrieg um die theoretische Erklärung der Hochtemperatursupraleitung.

dafür verantwortlich, dass der Strom ohne Widerstand fliesst. Doch in den Oxiden sind diese nicht gleichmässig verteilt: «Die Gebiete, die supraleitend sind, verändern sich dynamisch», sagt Müller, «es gibt solche mit grosser Ladung und solche ohne.»

Von dieser Feststellung aus macht Müller einen kühnen Schritt von den Kupferoxiden zum Kosmos: «Wenn Sie nachts in den Himmel schauen, sehen Sie Klumpen von Sternen, Orte wo es hell ist und Stellen, die dunkel sind. Das Universum ist nicht homogen.» Einstein habe in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie jedoch angenommen, die Materie im Kosmos sei homogen. «Wenn er recht hatte», sagt Müller, «sollte der Himmel gleichmässig beleuchtet sein. Das ist nicht der Fall.» Denn wie die Ladung in den

supraleitenden Kupraten sei die Materie im Universum nicht gleichmässig verteilt. «Wir müssen deshalb die Relativitätstheorie überdenken», folgert Müller. Diese Aufgabe wird er wohl anderen überlassen. Irgendwann ist

In Zürich gezeigt:

Supraleiter – Oxide schlagen Metalle

Als K. Alex Müller und J. Georg Bednorz 1983 mit ihrer Suche nach dem Hochtemperatursupraleiter in keramischen Verbindungen beginnen, steckt die Supraleiterforschung in einer Sackgasse. In metallischen Verbindungen, die traditionellerweise auf ihre Supraleitfähigkeit hin untersucht wurden, konnte die so genannte Sprungtemperatur, bei der ein Material supraleitend wird, nicht mehr wesentlich erhöht werden. Die höchste Sprungtemperatur metallischer Verbindungen liegt bei minus 255 Grad Celsius.

Dass Metalle supraleitfähig sein können, entdeckte der niederländische Physiker Heike Kamerlingh Onnes bereits 1911, als er Quecksilber auf minus 268,85 Grad Celsius abkühlte und feststellte, dass der elektrische Widerstand verschwand. In der Folge wurden weitere metallische Supraleiter gefunden. 1933 entdeckten die deutschen Physiker Walther Meissner und Robert Ochsenfeld den nach ihnen benannten Meissner-Ochsenfeld-Effekt. Dieser besteht darin, dass ein Supraleiter ein von aussen angelegtes Magnetfeld vollständig aus seinem Inneren verdrängt. Der Supraleiter ist damit nicht nur ein idealer Leiter von elektrischem Strom, sondern gleichzeitig ein starker Diamagnet. Seit Meissner-Ochsenfeld muss ein Supraleiter zwei Kriterien erfüllen, um als solcher zu gelten: er muss Strom ohne Widerstand leiten und das Magnetfeld aus seinem Innern verdrängen.

es vielleicht doch zu spät, um noch einmal etwas ganz Neues anzupacken.

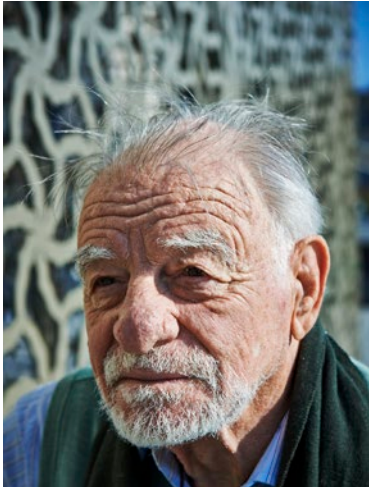
Thomas Gull

Quelle: Margrit Wyder: Einstein und Co. – Nobelpreisträger in Zürich; Verlag NZZ libro, Zürich 2015 **Illustration:** Aline Telek

Nach ersten Erfolgen stagnierte die Supraleiterforschung in Metallen. Das Problem war, dass metallische Verbindungen nur bei Temperaturen supraleitend werden, die wenig oberhalb des absoluten Nullpunkts von minus 273 Grad liegen. Sie mussten deshalb mit flüssigem Helium gekühlt werden, was teuer und für technische Anwendungen schwierig ist.

Die erste von Bednorz und Müller hergestellte supraleitende Verbindung Lanthan-Barium-Kupfer-Oxid wird bei minus 243 Grad supraleitend. Das ist temperaturmässig kein allzu grosser Unterschied, war aber ein riesiger Schritt, weil sich mit dem neuen Material plötzlich neue Perspektiven eröffneten. Wie sich schnell zeigte, ist die Sprungtemperatur bei oxidischen Verbindungen wesentlich höher, als dies bei Metallen möglich ist. Mittlerweile liegt die höchste Sprungtemperatur bei Kupferoxiden bei minus 110 Grad Celsius.

Die hohe Sprungtemperatur hat den Vorteil, dass die Supraleitfähigkeit durch Kühlung mit flüssigem Stickstoff erreicht werden kann. Das macht die technische Anwendung einfacher und günstiger. Sie wird heute etwa bei Kraftwerken, Transformatoren, in der Medizintechnik, der Energieübertragung oder der Mikroelektronik eingesetzt. (TG)



K. Alex Müller, 2014. Bild: René Ruis



Entdeckten die Hochtemperatursupraleitung: K. Alex Müller und J. Georg Bednorz in ihrem Labor bei der IBM, Rüschlikon. Bild: IBM Research - Zurich



Im Tandem zu Nobelpreisehren: die Physiker K. Alex Müller und J. Georg Bednorz.