



UNIVERSITÄT LEIPZIG

Fakultät für Physik
und Geowissenschaften

Felix Bloch (1905-1983) in Leipzig



Universitätsarchiv Leipzig

Nach dem Studium der Physik in Zürich bei H. Weyl, E. Schrödinger und P. Debye mit mathematischen, chemischen und kristallografischen Vorlesungen folgte Felix Bloch seinem Lehrer Debye, der 1927 nach Leipzig berufen wurde, an die Universität Leipzig. Bloch erinnert sich: „Debye told me that Heisenberg was coming to Leipzig, and said, ‚If I were you, I would work with Heisenberg.‘“ [1]. Peter Debye leitete damals das Physikalische Institut und der gerade berufene Werner Heisenberg das Institut für Theoretische Physik. Blochs erster Tag im Oktober 1927 liest sich in seinen Erinnerungen wie folgt: „As soon as I had completed the simple formality of registering as a student of the University in the center of the city I went to the Physics Institute, which was located near the outskirts. It was an old building opposite a cemetery on one side and adjoining the garden of a mental institution on the other, but occupied by people who were far from being either dead or crazy.“ [2].

Die Zeit in Leipzig und die aufkommende Quantenmechanik haben Bloch wissenschaftlich geprägt. Seine erste Veröffentlichung aus Leipzig, die von Vorarbeiten aus Zürich ausging, beschäftigt sich mit der Ankopplung von atomaren Oszillatoren an das Strahlungsfeld [3]. Als Heisenbergs erster Doktorand schaffte er 1928 mit den Ergebnissen seiner Dissertation „Über die Quantenmechanik der Elektronen in Kristallgittern“ [4] die Grundlage der Bandstrukturtheorie in Festkörpern [5] und brachte die fast 30 Jahre alte klassische Theorie von Elektronen in Metallen von P. Drude aus Leipzig [6] auf das Niveau der Quantenmechanik. Die darin berechneten Elektronenwellen werden heute *Bloch-Zustände* genannt. Sie führten durch weitergehende [7] Leipziger Arbeiten von R. Peierls [8, 9], A. Wilson [10] und W. Heisenberg [11] zum Verständnis von Metallen, Isolatoren, Bandlücken, Halbleitern und Löchern (Defektelektronen). Bloch erinnerte sich: „The greatest effort in my thesis was spent on calculating the resistivity. Since a perfectly periodic lattice had been understood to present no impediment to the current, it was clear that a finite resistance could arise only from irregularities and that its temperature-dependence would have to be explained by the thermal motion of ions.“ [12]. Hiermit weist Bloch auf die *Bloch-Oszillation* genannte periodische, kohärente Bewegung im Orts- und \mathbf{k} -Raum hin und begründet die mikroskopische Streutheorie von Ladungsträgern.

Danach arbeitete Bloch bei Pauli in Zürich und anschließend in Holland, wandte sich dem Ferromagnetismus zu und formulierte in Utrecht die erste Theorie der Spinwellen [13]. 1930 kehrte Bloch als Heisenbergs Assistent für theoretische Physik nach Leipzig zurück und habilitierte mit seiner Arbeit „Zur Theorie des Austauschproblems und der Remanenzerscheinung der Ferromagnetika“, in der er unter anderem die heute *Bloch-Wände* genannten Übergangsbereiche zwischen verschiedenen magnetisierten Domänen behandelt, mit einem abschließenden Vortrag über „Probleme des Atomkernbaus“ am 30. Januar 1932. Er erhielt damit die *venia legendi*. Aus dieser Zeit stammen Veröffentlichungen zum Ferromagnetismus [14, 15]. Trotz der antisemitischen Stimmung und heraufziehender Schwierigkeiten sagt Bloch zu dieser Zeit: „Nevertheless, I was happy at that time. I had a very close relationship to Heisenberg, and I was happy to do my first teaching at the University of Leipzig.“ [16]. Es sei noch die von Bloch betreute und 1934 abgeschlossene Promotion von Arnold Siegert mit dem Thema „Der Einfluss der Bindung auf den Wirkungsquerschnitt für Stöße sehr schneller Elektronen“ erwähnt [17, 18].

Da Bloch jüdischen Glaubens als „Nichtarier“ die weitere Besetzung der Assistentenstelle verwehrt wurde und der Entzug der *venia legendi* drohte, emigrierte er aus Deutschland und arbeitete in Kopenhagen bei N. Bohr, in Zürich und in Rom bei E. Fermi. Im März 1934 zog Bloch nach Stanford in die Vereinigten Staaten von Amerika wo er 1936 eine ordentliche Professur erhielt.

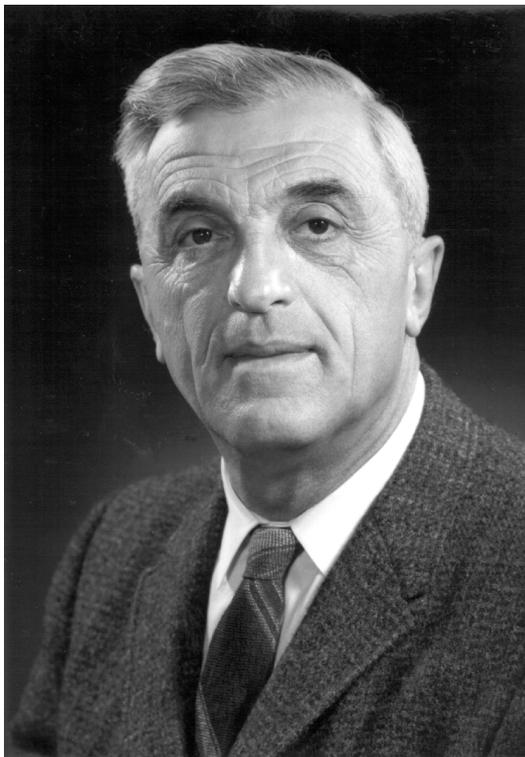
Blochs weiteres Wirken brachte viele weitere bekannte Ergebnisse hervor: die *Bethe-Bloch-Formel* zur Abbremsung von Teilchen in Materie, die *Bloch-Gleichungen* zur dynamischen Entwicklung von Zwei-Niveau-Systemen, die *Bloch-Siegert-Verschiebung* in einem stark getriebenen Zwei-Niveau-System, entwickelt zusammen mit A. Siegert, der inzwischen auch in Stanford tätig war [16, 18], und die *Bloch-Kugel* zur Darstellung des Zwei-Niveau Zustands, der heute auch als Qubit bezeichnet wird. Blochs wohl wichtigsten physikalischen Entdeckungen betreffen die Kernspinresonanz („nuclear induction“) [19, 20], die heute als *nuclear magnetic resonance* oder kurz NMR vor allem durch ihre bildgebenden Verfahren weithin bekannt ist. Felix Bloch und Edward M. Purcell teilten sich hierfür den Nobelpreis für Physik 1952 [21].

Für Korrekturen und Hinweise zu diesem Text danke ich herzlich J. Haase und P. Esquinazi.

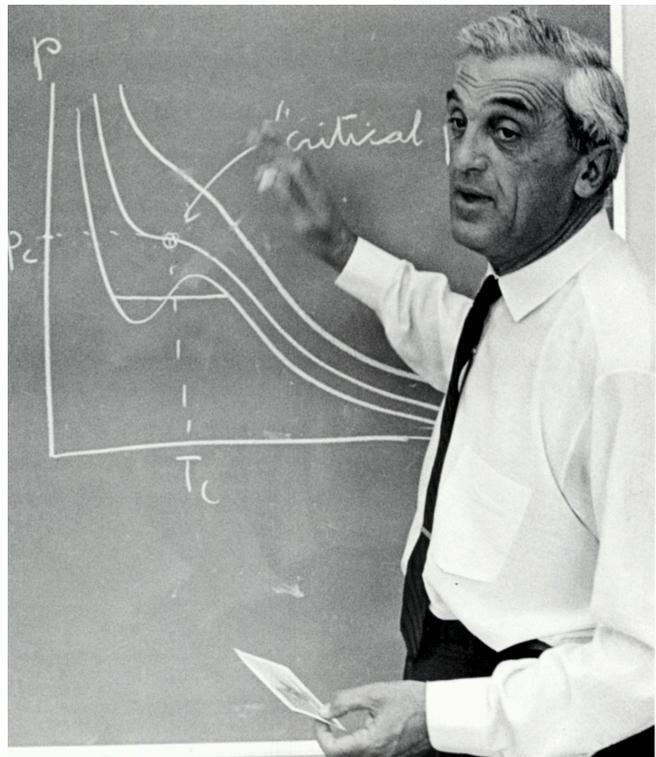
M. Grundmann, Februar 2017



Universitätsarchiv Leipzig (links: W. Heisenberg)



Stanford University [22]



Stanford University [22]

Referenzen:

- [1] Interview of Felix Bloch by Lillian Hoddeson on 1981 December 15, Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics, College Park, MD, USA.
- [2] F. Bloch, *Heisenberg and the early days of quantum mechanics*, Phys. Today **29**, 23-27 (1976).
- [3] F. Bloch, *Zur Strahlungsdämpfung in der Quantenmechanik*, Physikal. Zeitschrift **29**, 58-66 (1928).
- [4] F. Bloch, *Über die Quantenmechanik der Elektronen in Kristallgittern*, Z. Phys. **52**, 555-560 (1928).
- [5] R. Hofstadter in: „Felix Bloch – A Biographical Memoir“ (National Academy of Sciences, Washington D.C., 1994). „*The importance of this paper can hardly be overstated for it provided the basis for the band theory of condensed matter.*“.
- [6] P. Drude, *Zur Ionentheorie der Metalle*, Z. Phys. **1**, 161-165 (1900).
- [7] In [1] erinnert sich Bloch: „*The fact that there were bands, several bands, and there were gaps was to me totally trivial. I mean, that, I said, so what? I understand that. But what I missed was that this makes a difference, the difference between an insulator and a metal – incredibly stupid. And also, and then, how semiconductors, all that sort of thing, that by excitation, you can create electrons. I just didn't think of it. But as I say, the existence of bands and the gaps between the bands, that was, I wasn't moved by that, not at all.*“.
- [8] R. Peierls in: Interview of Rudolf Peierls by Lillian Hoddeson and Gordon Baym on 1977 May 20, Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics, College Park, MD, USA. „*But, then, Heisenberg suggested that I should look at the problem of the wrong sign of the Hall Effect, which sometimes is positive and we understand why today, but at the time – Well, it was clear that from the Bloch's results you could sometimes get an acceleration, in the opposite sense to the wave vector. You had to convince yourself that this was real, and you had to convince yourself that that did not mean that there would be a negative conductivity, and so on.*“.
- [9] R. Peierls, *Zur Theorie der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit von Metallen*, Ann. Physik **396**, 121-148 (1930).
- [10] A.H. Wilson, *The theory of electronic semiconductors*, Proc. Roy. Soc. London A **133**, 458-491 (1931).
- [11] W. Heisenberg, *Zum Paulischen Ausschließungsprinzip*, Ann. Physik **402**, 888-904 (1931).
- [12] F. Bloch, *Memories of electrons in crystals*, Proc. R. Soc. London A **371**, 24-27 (1980).
- [13] F. Bloch, *Zur Theorie des Ferromagnetismus*, Z. Physik **61**, 206-219 (1930).
- [14] F. Bloch, G. Gentile, *Zur Anisotropie der Magnetisierung ferromagnetischer Einkristalle*, Z. Phys. **70**, 395-408 (1931).
- [15] F. Bloch, *Zur Theorie des Austauschproblems und der Remanenzerscheinung der Ferromagnetika*, Z. Phys. **74**, 295-335 (1931).
- [16] Interview of Felix Bloch by Charles Weiner on 1968 August 15, Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics, College Park, MD, USA.
- [17] Promotionsakte 01288 der Philosophischen Fakultät der Universität Leipzig.
- [18] M. Dresden, *Arnold Siegert*, Physics Today **50**, 98-99 (1997).
- [19] F. Bloch, *Nuclear induction*, Phys. Rev. **70**, 460-474 (1946).
- [20] F. Bloch, W.W. Hansen, M. Packard, *The nuclear induction experiment*, Phys. Rev. **70**, 474-485 (1946).
- [21] F. Bloch, *The principle of nuclear induction*, Nobel lecture, 11. Dezember 1952.
- [22] Stanford University, courtesy AIP Emilio Segrè Visual Archives, with permission.